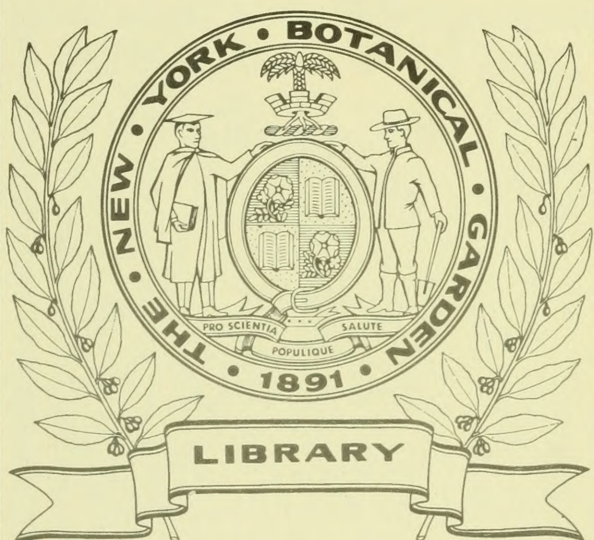

THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
1891
LIBRARY

BOTANISCHE

UNTERSUCHUNGEN.

VON

Dr. ALBERT WIGAND,

aufserordentlichem Professor an der Universität Marburg.

MIT SECHS TAFELN ABBILDUNGEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1 8 5 4.

Ankündigung.

Die fünf in dieser Schrift zusammengestellten Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie enthalten:

1) Eine Reihe von Beobachtungen an Bildungsabweichungen aus dem Pflanzenreich im Sinne der Metamorphosenlehre beschrieben;
2) Beobachtungen über die Keimung der Farne und deren Entwickelung aus dem Prothallium, als Ergänzung, Berichtigung und Erweiterung der von Anderen und vom Verfasser früher mitgetheilten Untersuchungen;
3) Vertheidigung von des Verfassers Ansicht über Wachsthum und Secretionsfähigkeit der Zellenmembran insbesondere gegenüber Schacht's Angaben.
4) Einen Versuch zur vielbestrittenen Frage über die morphologische Bedeutung der Grasblüthe auf dem Wege einer vollständigen Entwickelungsgeschichte.
5) Beobachtungen und Versuche über das Richtungsgesetz der Wurzel und des Stengels beim Keimen.

Schultze.

BOTANISCHE

UNTERSUCHUNGEN.



PAPIER
AUS DER MECHANISCHEN PAPIER-FABRIK
DER GEBRÜDER VIEWEG ZU WENDHAUSEN
BEI BRAUNSCHWEIG.

BOTANISCHE

UNTERSUCHUNGEN.

VON

Dr. ALBERT WIGAND,

aufserordentlichem Professor an der Universität Marburg.

MIT SECHS TAFELN ABBILDUNGEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1 8 5 4.

Inhalt.

I.

Beiträge zur Pflanzenteratologie.

Indem ich im Folgenden eine Reihe von Beobachtungen über Bildungsabweichungen mittheile, welche ich seit einigen Jahren gesammelt habe, leitet mich der Gedanke, dadurch etwas zur Förderung der Metamorphosenlehre beizutragen, indem diesen Bildungen eben nur in dem Maass ein Interesse zugestanden werden kann, in welchem sie Licht über die Gestaltungsgesetze der Pflanzen verbreiten. Ob und in wiefern sie hierzu geeignet sind, habe ich an einem anderen Orte zur Genüge besprochen. Was die Erklärung der architektonischen Gesetze der Pflanzengestalt betrifft, so bleibe ich dabei, dass im Allgemeinen die Bildungsgesetze nicht sowohl durch die Abnormitäten als vielmehr diese durch jene erklärt werden, dass aber die letzteren allerdings von dem Lichte, welches sie von jener Seite her empfangen, etwas zurückstrahlen und so selbst zur Beleuchtung der Erscheinungen beitragen. Andererseits darf ihre Bedeutung nicht allzugering geachtet werden. Ist es doch immer die Natur selbst, welche uns auch in diesen ihren Erzeugnissen entgegentritt, die Natur, welche, überall sich selbst gleich, auch überall da die richtige Antwort giebt, wo sie richtig gefragt wird. Und die Bildungsabweichungen können in der That zuweilen ohne eine andere Methode zu dem richtigen Verständniſs selbst eines Entwickelungsgesetzes führen, nämlich dann, wenn sich eine Bildung darbietet, welche nur auf eine Weise sich entwickelt haben kann. Immerhin behält die Untersuchung der abnormen Gestaltbildungen nur eine beschränkte und untergeordnete Bedeutung, schon deshalb, weil dieselbe sich stets auf einzelne vorübergehende Erscheinungen und ebenso auf einzelne Beobachtungen einschränkt, deren Angaben als nicht controlierbar verhältniſsmäſsig wenig objectiven Werth haben. Daher zum Theil die so häufig gerade durch die Beobachtungen abnormer Bildungen hervorgerufenen, die Wiſsenschaft verwirrenden Widersprüche in den Ansichten verschie-

dener Forscher. Aber auch in diesem Punkt trägt die teratologische Methode die Schuld nicht allein. Oder verschafft sich etwa auf dem Wege der vergleichenden Morphologie oder selbst der Entwickelungsgeschichte die Wahrheit schneller und sicherer allgemeine Geltung? Wie weichen oft die Beobachtungen über die Entwickelungsgeschichte von verschiedenen gründlichen und geschickten Männern, an einer und derselben Pflanzenart angestellt, selbst in den Hauptpunkten auseinander? — Nicht das Untersuchungsmaterial leitet irre, sondern die Untersuchung, die Fehler in der Beobachtung und Beurtheilung. Die subjective Beurtheilung behält aber überall ihren Spielraum. Die Entwickelungsgeschichte ist das allein richtige Princip für die Beurtheilung der Gestalten, aber sie ist nicht die allein zum Ziel führende Untersuchungsmethode.

Dafs die Gesichtspunkte, nach welchen die Beobachtungen von Bildungsabweichungen zusammenzustellen sind, wenn diese Zusammenstellung wifsenschaftlichen Werth haben soll, durch die Gesetze der Metamorphose gegeben sein müfsen, bedarf keiner weiteren Begründung.

1. Stellungsgesetze und Gestalten in der vegetativen Region.

Mag man sich über den Unterschied von Axe und Blatt in Beziehung auf die Entwickelungsweise entscheiden wie man wolle, ein Gesetz für diese beiden Organe ist so durchgreifend, so klar vor Augen liegend und so allgemein anerkannt, dass auch diejenigen, welche eine Verschiedenheit in der Richtung des Wachsens nicht anerkennen, auch abgesehen von den äufseren Formverhältnissen, eben wegen dieses Gesetzes nicht umhin können, einen im Wesen der beiden Organe begründeten Gegensatz festzuhalten. Es ist das Gesetz, wonach Axe und Blatt, wo sie beide als Seitenorgane an einer Hauptaxe auftreten, immer ein ganz bestimmtes gegenseitiges Stellungsverhältnis behaupten, so dafs die regelmäfsige Sprofsbildung durchweg an den Winkel eines Blattes gebunden und andererseits diefs Auftreten von Blättern ebenso entschieden von dem Winkel eines anderen Blattes ausgeschlofsen ist, woraus für die Beurtheilung der morphologischen Bedeutung irgend eines Seitenorgans das Kriterium folgt: dafs ein jedes Organ, welches unterhalb eines oder mehrerer Sprofse entspringt, ein Blatt ist, und umgekehrt, jedes Organ, welches aus der Achsel eines anerkannten Blattes entspringt, kein Blatt sein kann.

Im August 1852 machte ich im hiesigen botanischen Garten eine Beobachtung an *Iva xanthifolia*. durch welche jenes Gesetz auf

eine überraschende Weiss modificiert erscheint, und die ich, weil mir nie eine ähnliche Erscheinung bekannt geworden ist, hier vorlege. Die unteren Blätter bei *Iva* sind opponiert, die oberen zerstreut. Aus den Winkeln der Blätter, besonders der oberen, entspringt je ein Zweig mit Blättern und Blüthen. Häufig aber entspringen (besonders in der oberen Region) aus einem Blattwinkel (*f*) zwei Zweige *r*, *r'* nahe übereinander (Fig. 1 *)), welche Erscheinung einfach so zu deuten ist, dass der eine (der obere gröfsere) der Hauptsprofs, der andere ein Nebensprofs ist.

Wo nur ein Sprofs vorhanden ist, entspringt derselbe in der Regel dicht über dem Blatt (Fig. 2, *f*, *r*), zuweilen aber ein Stück von dem Blattwinkel nach oben entfernt (Fig. 1, *f'*, *r'*, — Fig. 3). Diefs würde sich durch die Annahme erklären, dafs der Sprofs mit seinem unteren Theil der Länge nach an die Hauptaxe angewachsen sei, wofür auch die äufsere Bildung spricht, indem von dem Ursprung des Sprofses an bis auf das Blatt herab eine Erhabenheit an der Hauptaxe sich verfolgen läfst und die letztere gerade an dieser Stelle platt ist (Querschnitt: Fig. 3 *); der anatomische Bau dagegen rechtfertigt diese Annahme nicht, indem der Holzkörper auf dem Querschnitt ganz einfach erscheint, die Verwachsung demnach wenigstens bereits stattgefunden haben müfste, als die Gefäfsbündel in dem Zweig noch nicht entstanden waren.

In einem Fall sah ich das umgekehrte Verhältnis, wo der Sprofs (*r*), unmittelbar aus dem Blattwinkel entspringend, nicht mit der Hauptaxe (*c*), sondern mit dem unteren scheidenartigen Theil (*vv*) des Blattstiels verwachsen war (Fig. 4).

Auffallender aber sind folgende beiden Erscheinungen, welche an einem Exemplare vorkamen. Zwei Blätter (Fig. 5 *ff*.) stehen nebeneinander auf gleicher Höhe, einen spitzen Winkel miteinander bildend und im Grund durch einen erhabenen Rand etwas zusammenliegend; gerade über der Mitte zwischen denselben, etwas entfernt, entspringt ein Blüthenzweig (*r*, Fig. 5 von vorn, 6 von der Seite). Die Hauptaxe ist an dieser Stelle platt gedrückt (Fig. 5), so dafs der Zweig an der schmalen Seite steht. Die beiden Blätter verhalten sich demnach wie ein einfaches, und die Erscheinung mufs wohl zu der Annahme führen, dafs hier frühzeitig eine Theilung des Blattes in zwei sich selbständig ausbildende Hälften stattgefunden habe.

Diesem Doppelblatt gegenüber, fast genau in derselben Höhe, sitzt ein 1 Fuss langes Blatt *F* (Fig. 6, Fig. 7 von oben) und unmit-

*) Die Figuren des vorstehenden Aufsatzes sämmtlich auf Tab. I.

telbar in der Achsel desselben entspringt ein zweites, $1/2$ Fuss langes, wie das erste gewöhnlich gebildetes Blatt *F'*, ein Paar Linien höher ein blühender Zweig *R*. Das untere Blatt *F* ist am Grund rinnenförmig, den Stengel halb umfafsend, das obere *F'* bis über die Hälfte des Blattstiels stielrund, nach oben flach (Fig. 8). — Wie ist diese Erscheinung zu deuten? Am leichtesten würde die Erklärung auch hier sein, wenn man wie oben, unterstützt durch die platte Form des Stengels an dieser Stelle, annehmen dürfte, dafs der eigentliche Ursprung des Zweiges in der Achsel des unteren Blattes und nur durch Anwachsen an den Stengel scheinbar höher gerückt ist, und dafs alsdann das Blatt *F'* etwa als unterstes Blatt dieses Zweiges anzusehen wäre. Oder soll man nach dem oben erwähnten Kriterium das obere Blatt für einen Zweig erklären und die dem allgemeinen Blatttypus entsprechende und mit den übrigen Blättern derselben Pflanze vollkommen übereinstimmende Gestalt für gleichgiltig halten? — oder haben wir hier einen Beweis, dafs auch jenes morphologische Grundgesetz nicht so absolut durchgreifend ist, wie man es bisher gehalten hat?

Ich theile diese Beobachtung mit, mit der Bitte, falls die beschriebenen Bildungen etwa nicht so vereinzelt vorkommen, als es mir schien, Nachricht davon zu geben*); sollte dieselbe umgekehrt zu paradox erscheinen, um ihr nach dieser Beschreibung Glauben zu schenken, so steht das getrocknete Object zu Jedermanns Einsicht bereit.

Beispiele von Aufhebung der normalen Wirtelstellung der Stengelblätter beobachtete ich an *Mentha piperita*, wo mit einer Drehung des Stengels, wodurch die Kanten in einer links gewundenen Spirale um denselben laufen, auch eine Anordnung der Blätter in einer sich mit jener unter einem stumpfen Winkel kreuzenden, also rechts gewundenen Spirale verbunden war; ebenso waren bei einigen Exemplaren von *Veronica longifolia* die normal in reichen Wirteln gestellten Blätter nach oben auseinandergerückt zu einer Spirale, der Stengel dabei aber nicht, wie bei Schauer (in M. Tandon's Pflanzenteratologie S. 165 Anm.), gewunden sondern nur bandförmig verbreitert. — Auffallender ist eine Erscheinung bei *Clematis integrifolia*. Anstatt der obersten zwei opponierten Laubblätter ist nur eins vorhanden, während das zweite an dem 5'' langen Blüthenstiel emporgerückt unmittelbar unter der Blüthe, und

*) Vielleicht gehören hierher auch die in M. Tandon's Pflanzenteratologie (ed. Schauer S. 159. nm. 1) gesammelten Beispiele von Proliferation der Blätter, besonders der Mittelrippe.

zwar um 180° von dem vorigen Laubblatt entfernt vor einem der vier Perianthiumblätter erscheint. Zugleich stellte dieses Blatt eine schöne Mittelbildung zwischen Perianthium und Laubblatt dar, indem seine untere Hälfte sowohl in der blauen Farbe als in der parallelen Nervenvertheilung die Natur der Corolla, die obere, mehr ausgebreitete Hälfte dagegen sowohl in der grünen Farbe als in der netzartigen Nervenvertheilung die Natur des Laubblattes trug.

Gedrehte Stengel beobachtete ich bei *Juncus conglomeratus*, *Mentha piperita* (links), *Phyteuma nigrum* (die Richtung wenigstens dreimal wechselnd), *Pinus silvestris*, *Pyrus communis*, *P. Malus*, *Prunus domestica*, worüber das Nähere an einem anderen Ort.

Verbänderte Stengel (Caulis fasciatus): bei *Veronica longifolia*, *Fritillaria imperialis*, *Phaseolus vulgaris*, *Salix*, wovon ein Zweig aufser der platten Form zugleich eine Spaltung in zwei Schenkel zeigte, ohne dafs dieselbe als normale Verzweigung erklärt werden könnte. Dasselbe fand bei einer in ausgezeichneter Weise verbänderten Weinrebe statt, womit zugleich eine so mannigfache Verrückung der Blätter und Seitenaxen verbunden war, dafs es unmöglich war, in diesen ohnehin nicht ganz einfachen Verhältnissen irgend eine Ordnung wieder zu finden.

An einem Exemplar von *Crepis biennis*, von welchem unten die Umbildungen des Fruchtknotens beschrieben werden sollen, war der ganze Wuchs abnorm. Aus dem schief aufsteigenden, 1/2 Zoll langen Stock entsprangen aufser dem verhältnismäfsig sehr dicken Hauptstengel zahlreiche schwächere Stengel, welche aber meistens, sowie die zahlreichen straff aufgerichteten und dicht anliegenden Zweige des Hauptstengels, die Höhe des letzteren erreichten.

Von *Hieracium umbellatum* fand ich ein Exemplar mit einem 1 Fuss hohen Stengel, etwas nach oben verdickt und verbreitert, dicht mit spiralig gestellten Blättern besetzt, an dem verdickten Ende plötzlich abbrechend und daselbst etwas ausgehöhlt, nach oben offen, an dem Ende und besonders aus der Vertiefung zahlreiche Blüthenstiele treibend. Die normale Zuspitzung der Axe ist also hier aufgehoben, und die Pflanze bekommt dadurch den Anschein, als wäre sie an einer Stelle abgebrochen und die Blüthenstiele daselbst nicht in normaler Anordnung, sondern, wie bei geköpften Weiden, als Adventivzweige entsprungen.

Von ungewöhnlichen Bildungen an Blättern habe ich nur *Cyclamen europaeum* zu nennen, wo ein Blatt durch Verwachsung der unteren Ränder an der herzförmigen Basis zu einem folium peltatum geworden war. Beispiele von Theilung des Blattes: ein folio-

lum eines Stengelblattes von *Rosa* mit zwei Spitzen und einem Mittelnerv, welcher sich schon unterhalb der Mitte theilt und nach den beiden Spitzen einen Zweig sendet, so dafs in der ganzen oberen Hälfte zwei Systeme von Nervenästen ausgebildet sind. — Ein Blatt von *Syringa vulgaris* hatte auf jeder Seite ungefähr in der Mitte am Rand einen ziemlich tiefen spitzen Einschnitt, wodurch es schwach dreilappig wurde, — also eine, so viel ich weifs, vereinzelte Andeutung einer Zertheilung des Syringa-Blattes, welche bei anderen Arten, z. B. *S. persica*, habituell wird. — Ein Blatt von *Hieracium murorum* mit zwei Adersystemen und theilweiser äusserer Theilung, gleichsam den Anblick zweier mit den Rändern zusammengeflofsener Blätter gewähren. — Verrückung der foliola bei dem zusammengesetzten Blatt von *Dictamnus albus:* das eine Blättchen des untersten Paars gleichsam zu dem nächsthöheren Paar gerückt, so dafs unten nur ein, oben drei Blättchen an einem Punkt entspringen, und zwar das dritte auf derselben Seite, auf welcher es unten fehlt.

2. Blüthenstand.

Verästeltes Köpfchen bei *Dipsacus fullonum.* Das Köpfchen unten einfach mit einer einfachen Hülle, nach oben in drei Aeste getheilt, welche aber nur mit den Spitzen ganz frei sind. — Dieselbe Erscheinung bei *Matricaria Chamomilla*, der Blüthenstiel verbreitert, der Blüthenboden dichotomisch getheilt, das Köpfchen mit zwei mehr oder weniger zusammenfliefsenden discis (Fig. 9).

Durchwachsung des weiblichen Zapfens von *Larix europaea*, indem sich die Axe über die Zapfenschuppen etwas fortsetzt und einen Büschel grüner Nadeln trägt, — häufig an einem Lärchenbaum im hiesigen botanischen Garten (vergl. ähnliche Beobachtungen: Moquin-Tandon a. a. O. S. 368). Dahin gehört auch ein Fall von *Heracleum Sphondylium*, wo im Centrum der Dolde einige gewöhnliche Stengelblätter entsprangen. Diese Form hatten auch die Hüllblätter. Tiefer aber greift die Ausartung des doldenförmigen Blüthenstandes, welche mir in vorigem Sommer bei *Angelica silvestris* begegnete. Zwischen den Strahlen der Hauptdolde entspringen mehrere gestielte und gelappte Laubblätter. Einige der Hauptdoldenstrahlen tragen ein zum Theil in einen Blattbüschel aufgelöstes Döldchen, indem die Hüllblättchen theilweise als breite Laubblätter erscheinen und überdiefs bei verschwindender Zahl der Blüthen an Zahl überhand nehmen. Die meisten Blüthenstiele der Döldchen tragen seitlich ein bis zwei schmale oder breite und ge-

lappte Blätter; im letzten Fall ist die Blüthe selbst oft nur rudimentär. Zum Theil sind die Strahlen der Döldchen verzweigt; mehrmals entspringen dicht unter dem Fruchtknoten ein, zwei oder drei gestielte Blüthen, oder am Rand des Fruchtknotens der Hauptblüthe entspringt eine zweite, nicht gestielte Blüthe. Ein Doldenstrahl trägt im Winkel eines Blättchens eine Zahl von Blumenblättern und Staubfäden (verwelkt), d. h. eine Blüthe mit verschwindendem Fruchtknoten. sodann zwei halbe Blüthen auf etwas verschiedener Höhe nebeneinander. endlich dicht daneben auf einem Stiel eine vollständige Blüthe; — und so kommen noch manche Auflösungen und Verwachsungen von Blüthen vor. Die Kelchzähne sind zum Theil bedeutend entwickelt.

Von *Equisetum Telmateja* besitze ich ein Exemplar. dessen Aehre durch Erzeugung von fünf seitlichen Aehren zusammengesetzt erscheint.

Bei *Erigeron speciosum* findet man häufig einzelne oder ganze Büschel der gelben Scheibenblumen in blaue Zungenblumen wie die des Randes verwandelt.

Die Köpfchen von einem auch anderweitig abnormen Exemplare von *Crepis biennis* zum Theil schief entwickelt dadurch, dafs die Blüthen der einen Seite länger sind als die der anderen.

Die Blüthen der Köpfchen bei demselben Exemplar von *Crepis*, sowie bei *Trifolium hybridum* auf langen Stielen emporgehoben.

Das auch sonst bekannte proliferierende Köpfchen von *Bellis perennis*, wo anstatt der Randblumen auf langen Stielen (gefüllte) Köpfchen entspringen, habe ich öfter, und zwar an einem Stock wiederkehrend gesehen. Eine ähnliche Bildung bei *Centaurea montana*, wo vier kleine etwas gestielte Köpfchen aus den obersten Blättern des Involucrums entsprangen.

Einen ausgezeichneten Fall von Vermischung des männlichen Blüthenstandes mit weiblichen Blüthen beobachtete ich im Jahre 1847 an *Zea Maïs*. Das Ende der Hauptaxe bildete unten eine Rispe mit etwa zehn männlichen Aehren; über denselben setzte sie sich fort als ein zwei bis drei Zoll langer, einen Zoll dicker weiblicher Kolben, dessen Samen theils gesund, theils verkümmert, theils vom Brand angefressen waren. Darüber hinaus gieng die Hauptaxe wieder in eine 1 Zoll lange zusammengesetzte männliche Aehre (gedrängte Rispe) über und schlofs damit ab. — An einem der unteren männlichen Rispenäste waren drei von den untersten Aehrchen weiblich, wie man theils aus der kugeligen Form

der Kelchspitzen, theils aus den, wenn auch verkümmerten oder vertrockneten, Samen erkennen konnte *). Das entgegengesetzte Verhältnis zeigte sich 1853 an dem weiblichen Kolben von *Zea Maïs*, welcher, vollkommen ausgebildet, seine Axe an der Spitze 3″ lang fortsetzte; 2″ lang war diese Fortsetzung mit männlichen Aehrchen besetzt, gieng aber am Ende wieder in einen 1″ langen weiblichen Kolben über. Uebergänge zeigten sich nur an den Spelzen, indem die äufseren Spelzen der untersten weiblichen Blüthen des endständigen Kolbens sich in dem Bau denen der männlichen Aehrchen näherten.

Bei *Platanus occidentalis* fand ich an männlichen Köpfchen weibliche Blüthen zwischen die männlichen gemischt.

Umgekehrt Vermischung des weiblichen Blüthenstandes mit männlichen Blüthen begegnete mir in vorigem Frühjahr bei *Fagus silvatica*. Eine gewöhnlich gebildete Cupula enthielt aufser den zwei normalen weiblichen Blüthen zwei unvollkommene weibliche und zwei ebenso kleine männliche Blüthen. Eine der ersteren besafs einen unterständigen Fruchtknoten und innerhalb des Perianthiums einen etwas deformen aber mit Pollen versehenen Staubfaden **). Am oberen Rand der Cupula etwas nach aussen zwischen den borstenförmigen Haaren entsprangen dicht nebeneinander, am Grund etwas verwachsen, zwei etwas kleine, aber normale, mit fünf bis sechs Staubfäden versehene männliche Blüthen ***).

3. Gesetzmäfsigkeit innerhalb der Matamorphosenstufen.

Diese Gesetzmäfsigkeit äufsert sich vor Allem, insbesondere wo innerhalb einer Metamorphosenstufe die reine Wirtelstellung gilt, in Beziehung auf die Zahl der Wirtelglieder.

Zunächst werden die normalen Zahlenverhältnisse der Blüthentheile in manchen Fällen dadurch abgeändert, dafs zwei Blüthen miteinander verwachsen. An einem Exemplar von *Gagea arvensis* trug ein etwas bandartig verbreiterter Blüthenstiel zwei Blüthen in der Weise verschmolzen, dafs elf Perigonblätter gleichsam eine einzige Blüthendecke bildeten; das sechste Perigonblatt der einen und das siebente der anderen waren mit ihrer inneren (gefärbten) Fläche längs der Mittellinie verwachsen, so dafs dadurch gewissermaassen ein Blatt mit „doppelter Spreite" entstand, dessen beide äufsere Flächen

---

*) Aehnliche, wenn auch nicht so ausgezeichnete Erscheinungen dieser Art, von Turpin beobachtet, werden bei Tandon a. a. O. S. 211 erwähnt.

**) Cf. Schnizlein in d. Bot. Zeitg. 1850. S. 745.

***) Cf. Hartig, Naturgesch. der forstl. Culturpfl. Tab. XX. d.

kelchartig grün waren. Die eine Blume (mit sechs Perigonblättern) hatte sechs, die andere acht Staubfäden. — Zwei andere Fälle von Doppelblüthe bot ein übrigens einfach blühendes Exemplar von *Hyacinthus orientalis* dar. Ein Blüthenstiel trug nämlich elf Perigonblätter, ziemlich auf gleicher Höhe, zehn Staubfäden und zwei Pistille mit den Fruchtknoten verwachsen, was von aufsen zu erkennen war, im Inneren mit sieben Fächern; im anderen Fall waren es elf Perigonblätter, ebenso viel Staubfäden und zwei von unten an getrennte Pistille.

Die Vermehrung oder Verminderung der Theile einer einzelnen Blüthe beruht entweder in einer Vermehrung der Blüthenwirtel, wie z. B. bei einer anderweitig *) erwähnten und seitdem wiederholt an verschiedenen Orten von mir aufgefundenen abnormen *Campanula Trachelium* dicht unter dem Kelch aus dem unterständigen Ovarium noch fünf Kelchblätter auf einerlei Höhe entsprangen, an Gröfse und Gestalt den inneren Kelchblättern gleich, mit denselben alternierend, — oder in einer Vermehrung oder Verminderung der Wirtelglieder. Am interessantesten ist diese Erscheinung, wenn die Abänderung des Zahlengesetzes durch sämmtliche Blüthenwirtel hindurchgeht, so dafs ein anderer Typus an die Stelle des gewöhnlichen tritt. So fand ich bei *Gagea arvensis*, wobei Vermehrung der Wirtelglieder überhaupt nicht selten ist **), eine Blüthe mit zwei viergliedrigen Perigonwirteln, zwei viergliedrigen Staubfadenkreisen, einem vierfächerigen Ovarium und viertheiliger Narbe. — Bei *Carex acuta* war die Zahl der Staubfäden in manchen Deckblättchen bis zu fünf vergröfsert. — Bei *Hyacinthus orientalis* sah ich eine Blume mit acht Staubfäden, einem Ovarium aus acht Carpellblättern mit ebenso vielen (rothen) Griffeln, Perigonzipfel aber nur sieben. — Bei einem Exemplar von *Pyrola minor* war die unterste Blüthe der Traube vom Kelch bis zu den Narben sechs- resp. zwölfgliedrig (Staubfäden), während alle übrigen Blüthen der Traube normal fünf- resp. zehngliedrig waren. — *Prunus domestica* mit achtgliedrigem Kelch und Corolla und mit drei innerhalb der etwas verbreiterten Kelchröhre nebeneinanderstehenden Pistillen. — *Tormentilla erecta* mit sechsgliedrigem Kelch und Blumenkrone. — *Aconitum Napellus* mit drei Nectarien, eine überhaupt zu Misbildungen sehr geneigte Pflanzenart. — *Sedum maximum* nicht selten mit durchweg vier- statt fünfgliedrigen Blüthen.

Häufiger erstreckt sich die Vervielfältigung und Verminderung

*) Grundlegung der Pflanzenteratologie, S. 32.

**) cf. Tandon ed. Schauer, S. 331.

der Glieder nur auf einzelne Stufen, indess sind die Blüthendecken und der Staubfadenkreiſs gewöhnlich gleichzeitig, wenn auch nicht auf gleiche Weise, modificiert. Beispiele:

Cornus mascula: fünf mit den Rändern sich deckende Blumenblätter, womit also zugleich die *aestivatio valvata* aufgehoben ist; der Discus etwas breit gezogen, fünfeckig, jede Ecke einem Blumenblatt entsprechend; damit abwechselnd fünf Staubfäden, ein sechster unregelmäſsig gestellt, etwas höher, gleichsam aus dem Discus entspringend. — *Philadelphus coronarius* mit fünfgliedrigem Kelch und Blumenkrone *). — *Omphalodes verna* mit vier Blumenzipfeln und Staubfäden, die Kelchzähne ungleich vertheilt und die Alternatio mit der Corolla verschoben. — *Myosotis palustris:* eine Blüthe mit vier Kelch-, vier Blumenzipfeln und vier Staubfäden, — eine andere mit fünf Kelch- und sechs Blumenzipfeln. — *Symphytum officinale* mit sechsgliedriger Corolla und Staubfadenkreis; und zwar ist hierbei hervorzuheben, daſs ich dieses abnorme Zahlenverhältnis in einem sehr frühen Stadium der Blüthenentwickelung beobachtet habe, wo der ganze Blüthenstand noch ein convexes Köpfchen bildete, welches sich in die einzelnen Trauben mit ihren Stützblättern theilte; die Trauben waren ebenfalls noch rundköpfig ohne Spur der einseitigen Richtung der Blüthen oder der schneckenförmigen Aufrollung; die sechs Kelchblätter erschienen als stumpfe, niedrige Blättchen, von denen drei gröſsere vielleicht einem äuſseren und drei kleinere damit abwechselnde einem inneren angehörten; die Corolla stellte nur eine flache Scheibe mit fünf stumpfen Ecken und die Staubfäden sechs rundliche Hügelchen dar, während von dem Pistill noch keine Spur zu sehen war. Eine solche zufällige und seltene Beobachtung mag zugleich als Beweis dienen, daſs eine Modification der Zahlenverhältnisse in diesem und in den meisten Fällen bereits in der Anlage der Blüthe beruht, und daſs für diese Erscheinung nicht, wie so häufig geschieht, eine Spaltung oder Abortus postulirt werden darf; es folgt ferner aus diesem Fall, daſs die Entwickelungsgeschichte nicht der einzige wahre Weg ist, das normale Verhältnis zu entdecken, wie andererseits noch viel weniger die Betrachtung von Bildungsabweichungen allein mit Sicherheit zur Erkenntnis des ursprünglichen Bildungsgesetzes führt.

In manchen Fällen beruht aber die Vermehrung der Glieder allerdings auf einer Spaltung, wie eine Blumenkrone von *Hesperis matronalis* dadurch fünfgliedrig erschien, daſs ein Blumenblatt tief gespalten war (Fig. 10); beide Blättchen hiengen am Grund zusam-

*) Wie Röper (Botg. Zeit. 1852. S. 430) von *Philad. grandiflorus* angibt.

men, waren aber ebensowohl der Form als der Nervenvertheilung nach wie vollständige Blätter ausgebildet. Die Stellungsverhältnisse waren natürlich durch diese Art der Vermehrung der Glieder nicht gestört, überhaupt die Blüthe übrigens normal.

An einer anderen Cruciferenblüthe fand ich in der Ordnung der Staubfäden einen einzelnen überzähligen, ohne dafs dadurch die Anordnung der übrigen verändert wurde, nämlich vier grofse und drei kleine, von denen einer zwischen zwei langen, aber nicht auf gleicher Höhe mit den zwei anderen kurzen stand.

Bei *Viscum album* fand ich an der viergliedrigen männlichen Blüthe mehrmals bald eins, bald beide mit den Laubblättern abwechselnde Perigonblätter in verschiedenem Grade an der Spitze gespalten, und dem entsprechend war denn auch das von der inneren Wand des Perigonblattes gebildete Antherenfach mehr oder weniger tief in zwei Fächer getheilt.

Ebenso wenig wie durch die beiden letztgenannten Fälle ist es als eine Aufhebung der typischen Gliederzahl in den Blüthenwirteln anzusehen, wenn mit der Abänderung der normalen Zahl eine Aufhebung der reinen Wirtelstellung verbunden ist, wie z. B. in einem Fall von *Fuchsia coccinea* (Fig. 11) mit sechs auf verschiedene Höhe gestellten Kelchblättern. Bei derselben Blüthe kam auch ein fünftes Blumenblatt vor, welches aber zur Hälfte Anthere, wahrscheinlich auch nicht in einen bestimmten Wirtel gehörte.

Beispiele von Vermehrung der Carpelle:

Phaseolus vulgaris, in einem Kelch zwei halbreife Hülsen, 4″ und 3″ lang, einander mit der Bauchnaht zugekehrt und $1\frac{1}{2}$″ vom Grund an verwachsen, — *Prunus spinosa* mit zwei vollständigen freien Pistillen (und zugleich sieben Blumenblättern), — *Prunus domestica* mit drei Pistillen (cf. oben), — *Stellaria uliginosa* mit Blüthen von drei, vier und fünf Griffeln, — *Hyacinthus orientalis* mit einem Ovarium aus sechs Carpellen mit sechs Griffeln, — *Robinia Pseudacacia*, eine übrigens normale Blüthe, deren gleichfalls normales Pistill etwas über seiner Basis an der inneren (der Axe zugekehrten) Seite ein zweites, etwas kleineres normales Pistill trägt, welches etwas länger gestielt mit seinem untersten Theil ein wenig von der Spalte des ersteren umfafst wird, — *Silaus pratensis* mit einer Frucht aus drei gleichen Mericarpien mit drei gleichen Stempelpolstern und drei Griffeln; dieselbe Bildung mehrfach bei dem oben erwähnten Fall von *Angelica silvestris*, — *Capsella bursa pastoris* mit einem dreiklappigen, dreiflügeligen, dreifächerigen Schötchen und dreiflügeliger Scheidewand (*placenta*); ebenso war eine Schote von *Sinapis nigra* gebaut. In einer Blüthe der mehr-

fach erwähnten *Campanula Trachelium* theilte sich der dünne fadenförmige Griffel in fünf (ungleich lange) Narben. — Hierher und nicht wohl unter die Verwachsungen zweier Früchte gehören die Beispiele sogenannter Zwillingsgurken. — Dagegen entstehen die Doppeläpfel durch Gabeltheilung des Stiels dicht unterhalb des Ursprungs der Früchte, welche an der Berührungsstelle in der Folge miteinander verwachsen.

Eine Eichel (*Quercus Robur*) mit grofser, bauchiger Schale und zwei Samen, welche so zusammengedrängt waren, dafs sie beide zusammen die Form eines einzigen hatten, die Samen in zwei durch eine trockenhäutige Scheidewand getrennten Fächern, liefert abermals ein Beispiel von einer anderen Art Vermehrung, indem hier eins der in der Anlage vorhandenen, normal verschwindenden Fächer resp. Samen abnormer Weise sich erhält.

Ein zweites Gesetz innerhalb eines Wirtels der Blüthe ist die Verwachsung der Glieder untereinander bei gewissen Pflanzen. Eine Abweichung davon sah ich bei *Trifolium hybridum*, wo in allen Blüthen mehrerer Exemplare die Staubfäden vollkommen frei, übrigens aber normal waren.

Eine Aufhebung der normalen Wirtelstellung selbst äufsert sich zum Theil schon darin, wenn, wie bei der bereits oben genannten *Campanula Trachelium*, eins der inneren Kelchblätter mit dem einen Rand ein Stück lang mit der Corolla verwächst, — bestimmter aber bei anderen Blüthen dieser Pflanze *), sowie bei der ebenfalls oben erwähnten *Fuchsia coccinea*, wo die sechs Kelchblätter in verschiedener Höhe an dem übrigens unveränderten und dadurch seine Axenbedeutung offenbarenden, unterständigen Fruchtknoten entsprangen. Bei *Tulipa Gesneriana* ist mit der Vermehrung der Perigonblätter zuweilen eine Auflösung der Wirtelstellung verbunden, indem ein oder mehrere derselben ein bis zwei Zoll weit unter der Blüthe am Stengel zerstreut sitzen und zum Theil Uebergänge zu den Laubblättern bilden.

4. Der Fortschritt im Metamorphosengang.

Ich komme zur Mittheilung einer Anzahl von abnormen Bildungen, bestehend in einer Hemmung oder Störung des der normalen Blüthe eigenthümlichen Fortschrittes der Metamorphose auf einer Reihe charakteristischer, von einander scharf gesonderter und in gesetzmäfsiger Weise auf einander folgender Stufen oder Formationen, in welche sich die Grundorgane der Pflanzen in der

*) W. Pflanzenteratologie, S. 32.

Blüthe einkleiden. Es sind Bildungen, welche geeignet sind, einerseits über die zum Theil sehr verhüllte morphologische Bedeutung der verschiedenen Blüthenorgane belehrende Winke zu geben, oder auf die bereits anderweitig enthüllte Bedeutung ein helleres Licht zu werfen*), andererseits die nähere Beziehung je zweier Formationen zu beleuchten**).

Daſs die Kelchblätter die Form der gewöhnlichen Stengelblätter annehmen, ist keine seltene Erscheinung; sehr schön sah ich sie an einer Rose, wo der Kelch in fünf auf gleicher Höhe stehenden, vollkommenen Stengelblättern, je mit einem groſsen Endblatt und einem bis drei Seitenblättchen, mit Blattstiel und Stipulis bestand, während an einem drei Zoll tiefer am Blüthenstiel sitzenden Stengelblatt die Blattscheibe vor den Stipulis zurücktrat. — Bei den unten genauer zu beschreibenden Exemplaren von *Trifolium hybridum* waren die fünf Zähne, besonders die zwei oberen, der meistens an einer Seite aufgespaltenen Kelchröhre als grüne, den Foliolis der Stengelblätter sich annähernde, den Röhrentheil an Länge übertreffende, zum Theil dreizählige Blättchen ausgebildet. — Eine Annäherung des Pappus zu der Blattform sah ich bei *Crepis biennis*, wo die im normalen Zustand haarförmigen, mit Häkchen versehenen Strahlen diese Häkchen verloren und lanzettlich blattförmig, dabei aber trockenhäutig und unregelmässig zerfasert und in unbestimmt groſser Anzahl vorhanden waren.

Die häufigste Ablenkung der Blumenkrone besteht in einem Herabsinken auf die Stufe des Kelch- oder des Stengelblattes, was sich durch die grüne Farbe und derbere Consistenz, zum Theil auch durch eine andere Form zeigt. Solche „Vergrünungen" kamen (in Verbindung mit anderen Störungen in der Blüthe) in allen möglichen Abstufungen bei jener *Campanula Trachelium* vor, — desgl. bei *Jasione montana*, bei *Turritis glabra* und *Fuchsia coccinea*. Bei *Campanula* kam ein überzähliges Blattorgan im Kelch vor, welches zur Hälfte kelchartig, zur Hälfte blumenblattartig war. Bei sämmtlichen Blüthen eines *Ranunculus acris* waren alle Theile, Zahlen- und Stellungsverhältnisse ganz normal und die Abweichung der Blumenblätter beschränkte sich fast bloſs auf die Farbe und Consistenz, indem sie grün und derb, auch etwas behaart, aber von derselben Nervenvertheilung (Mangel eines auslaufenden Mittelnervs) und von derselben Gröſse wie die gelben Blumen waren; der Rand war ganz, vorn etwas zugespitzt, am Grund fast herzförmig, genagelt, der Nagel etwas rinnenförmig. — Das Auffallende bei die-

*) W. Pflanzenteratologie, S. 19 ff.

**) Ib. S. 68 ff.

ser Misbildung, noch mehr freilich bei solchen, wo die Blumenblätter die Form der Stengelblätter annehmen, ist, dafs die rückschreitende Metamorphose mitten in der Blüthe stehen bleibt und sich nicht auch auf den Kelch erstreckt. — Als ein Beispiel von Farbenwechsel der Corolla nenne ich noch *Melampyrum pratense*, wo ich an einem Exemplar die vier obersten Blüthen gelb, die vier untersten lila oder rosaroth fand *).

Uebergänge zwischen Staubfaden und Blumenblatt bedürfen als Beweise für die morphologische Verwandtschaft beider keine Erwähnung mehr, da sie sich in jeder gefüllten Blüthe in Masse darbieten; was dabei Beachtung verdient, ist die Form des Uebergangs, d. h. die Form, in welcher die Ablenkung des Bildungstriebes sich in diesen Uebergangsbildungen äufsert **). Dafs diese Form nicht mit der morphologischen Verwandtschaft beider Formationen zusammenhängt, sondern durchaus individuell ist, zeigen zwei Blüthen eines Exemplars von *Hyacinthus orientalis*, von denen in der einen ein Staubfaden längs der Corolla bis zu deren Theilung in zwei Zipfel als ein Kamm angewachsen, von da an als ein blumenblattartiges Gebilde frei auftrat und an dem einen Rand eine einfächerige fruchtbare Anthere trug, gerade so wie in der normalen Blüthe von *Canna*, — während in der anderen Blüthe der Uebergang eines Staubfadens darin bestand, dass die hinteren Antherenfächer resp. das Connectiv zu einem breiten Blumenblatt erweitert war, auf dessen Mittellinie nach innen die Anthere jederseits mit einem ziemlich vollkommenen, pollentragenden Fach entsprang.

An Beispielen von Uebergangsbildungen zwischen Staubfaden und Pistill fehlt es bekanntlich nicht, namentlich zeigt sich eine besondere Neigung dazu bei *Salix*. Von besonderem Interesse scheint mir ein hierher gehöriger, an *Salix fragilis* von mir beobachteter Fall zu sein, weil derselbe vielleicht geeignet ist, über die sonst noch so wenig erklärten Nebenblüthenorgane einiges Licht zu verbreiten. In der normalen männlichen Blüthe sitzt am Grund der unten verwachsenen Staubfäden zwischen diesen und dem Deckblatt ein gelbes, blattartiges Nectarium (Fig. 12, *n*), aufserdem ein etwas dickeres, oft zweispitziges (*m*) auf der entgegengesetzten Seite; beide hängen mehr oder weniger durch einen drüsigen Rand (*o*) oder seitliche Drüsen von unbestimmter Zahl und Gröfse zu-

*) Vergl. zu den beiden letztgenannten Fällen die Bemerkung von Decandolle: dafs die gelben Blumen zu denjenigen gehören, deren Farbe am wenigsten abändert. Pflanzenphysiol. ed. Röper II. S. 728. M. Tandon a. a. O. S. 52.

**) Vergl. W.s Pflanzenteratologie, S. 83.

sammen. An einem männlichen Kätzchen fand ich nun in mehreren Blüthen die innere Drüse (*m*) zu einem eigenthümlichen grünen Organ umgebildet, welches, bald mehr bald weniger bauchig aufgetrieben, eine täuschende Aehnlichkeit mit einem Pistill hatte. Oben endigte dasselbe in einer undeutlich zweilippigen Narbe mit Papillen; auf der der Aehrenaxe zugewendeten, den Staubfäden abgewendeten Seite war es der Länge nach gespalten, und es zeigten sich im Inneren zu beiden Seiten der Mittellinie auf der der Axe abgewendeten Wand zwei eiförmige wulstartige Auftreibungen. Fig. 13, eine Blüthe von der Seite; *b* das Deckblatt, *m* das genannte Organ, auf dem Rücken mit einer Furche von oben nach unten, am Grund zwei drüsige Anhängsel, wie man an der Ansicht der Blüthe von innen (Fig. 14) sieht; Fig. 16, *m* ein stärker entwickeltes Organ, auf der inneren Wand klaffend; Fig. 19, *m* dasselbe von der Seite; Fig. 17 dasselbe Organ ausgebreitet mit den zwei eiförmigen Auftreibungen. Diese letzteren waren mit kleinen kugeligen Zellen erfüllt (Fig. 20), welche ganz übereinstimmten mit dem Pollen derselben Weide. In einer anderen Blüthe waren von jenem Organ nur die zwei Auftreibungen vorhanden (Fig. 18), an der Spitze nur ein kleiner blattartiger Fortsatz. — Diese Beobachtung deutet wohl auf die Bedeutung des inneren Nectariums als eines selbständigen Blattorgans hin *); es hat sich hier zu einem Mittelgebilde zwischen Pistill und Anthere umgewandelt, mit dem ersteren stimmt es der äufseren Form und der Narbe nach, durch die zwei Pollenfächer mit der Anthere überein. —

Die im Folgenden mitzutheilenden Antholysen betreffen das Pistill und dessen Theile.

Wenn an der oben erwähnten **) abnormen *Fuchsia*-Blüthe die Kelchblätter in verschiedener Höhe an dem unterständigen Fruchtknoten entspringen, und zwar ohne dafs dabei der letztere eine Veränderung, etwa eine Auflösung, erleidet, so ist diese Erscheinung nur vereinbar mit der Axenbedeutung des unterständigen Fruchtknotens. Noch unzweifelhafter indes geht die letztere aus den zahlreichen und mannigfaltigsten Uebergangsstufen des unterständigen Fruchtknotens zu der einfachen beblätterten Axe, wie sie bereits von mir der Hauptsache nach angeführt worden sind ***), hervor.

*) Wimmer deutet das Nectarium der Weiden als unausgebildet bleibendes *Perianthium*. Arb. der schles. Ges. für vaterl. Cultur, 1847, S. 165.

**) Eine ähnliche Beobachtung an Fuchsia wird von Walpert (Flora 1852. S. 449) mitgetheilt.

***) Pflanzenteratologie, S. 32.

— Aehnliche Uebergänge des unterständigen Fruchtknotens bis zu einem stielartigen Träger mit einer Höhle kamen bei einem unten näher zu beschreibenden Fall von *Crepis biennis* vor.

Blattartige Ausbreitung des Pistills findet sich bei *Hyacinthus orientalis*, wo ich eine Vervielfältigung der Carpelle in der Weise wahrnahm, dafs die innersten offen, unten breit, oben schmal eingezogen, roth, an der Spitze mit Narbenpapillen besetzt, unten Eichen tragend, auftraten. — Noch schöner sieht man die Auflösung und Vermehrung der Carpelle (bis zu zehn und darüber) bei *Tulipa Gesneriana*, womit zugleich die mannigfaltigsten Uebergangsbildungen zwischen Carpellen und Perigonblättern verbunden sind, welche hauptsächlich in einer mit der normalen übereinstimmenden Narbe an der Spitze und in je einer Reihe von Eichen an den Rändern eines übrigens ganz corollenartigen Blattes bestehen.

Bei einer *Rosa* waren die Staubfäden sämmtlich in Blumenblätter verwandelt, die Pistille aber fast alle mehr oder weniger blattartig entwickelt an der Naht offen, die Eichen fehlgeschlagen und anstatt der Narbe lange, krautartige Spitzen, welche als grüner Büschel aus der kegelförmigen (nicht normal krugförmigen) Kelchröhre über die Blüthe hervorragten. — In einer anderen, unten genauer zu beschreibenden *Rosa* war ein Carpell in ein rothes, den übrigen ähnliches Blumenblatt verwandelt. —

Folgende Umbildungen des Pistills bei *Trifolium pratense* und *hybridum* verdienen, obgleich es nicht an ähnlichen Beobachtungen bei anderen Pflanzen dieser Familie fehlt *), eine genauere Beschreibung. An einem Exemplar der ersteren Art fand ich drei Köpfchen, deren Blüthen ganz normal waren bis auf das Pistill, welches verschiedene Stufen seiner Auflösung in Blattform zeigte, von denen ich folgende hervorheben will. a) Ein 1''' langes Pistill (Fig. 21*) mit einer plumpen Spitze als Griffel, am Grund stark erweitert, mit zwei stipulaartigen Vorsprüngen, welche mit knospenartigen Anhängseln (Rudimenten von Eichen?) besetzt sind; nach innen (oben) ist diefs Gebilde von unten an offen, und im Grund desselben entspringt als Ende der Blüthenaxe ein rundlicher Haufen von Knospen. Jede dieser Knospen sitzt in der Achsel eines, in eine Spitze auslaufenden und beiderseits stark (stipulaartig) vorgezogenen Stützblättchens (Fig. 21); die Knospen selbst bestehen aus mehreren Höckerchen (rudimentären Blattorganen), und

*) *Lotus corniculatus* (Morren), *Ononis antiquorum*, *O. hircina* (Pluskal), *Lathyrus latifolius* (Turpin, Jäger, Schimper, Decandolle), *Lotus* (Ludwig), *Trifolium repens* (Schmitz, Unger), *Medicago carstiensis*.

ich bin zweifelhaft, ob dieselben als Blattknospen oder als jugendliche Blüthen zu betrachten sind; nach oben werden dieselben immer einfacher, so dafs die obersten Deckblätter nur glatte rundliche Köpfchen in der Achsel tragen. b) Ein 2''' langes blattförmiges Organ (Fig. 22) an der Stelle des Pistills, oben mit einer rundlichen, fiedernervigen, behaarten Lamina, nach unten zwei Paar lanzettförmige Abschnitte, von denen die oberen dicht unter der Lamina entsprechend dem Endblättchen) den beiden seitlichen foliolis des Stengelblattes, die beiden unteren den stipulis entsprechen und als Ausbreitung des Blattstiels sich bis an den Grund fortsetzen; diese vier Abschnitte sind je von einem, aus dem Mittelnerv entspringenden Seitennerv durchzogen. Am Rand dieser vier seitlichen Abschnitte welche aus verhältnismäfsig jugendlichem Zellgewebe bestehen, sitzen zahlreiche Fortsätze, welche, aus zwei oder mehreren, der Länge nach aneinandergereihten, oft auch der Länge nach getheilten Zellen bestehend, vielleicht für Rudimente der Ovula zu halten sind (Fig. 22* vergröfsert). Am Grund dieses Blattorgans befindet sich als Ende der Axe ein ähnlicher runder Haufen von Knospen (*a*), wie im vorigen Fall. c) Das Pistill (Fig. 23 *AB*) einer anderen Blüthe unterscheidet sich von dem vorigen nur dadurch, dafs es $1/2$ Zoll lang über die Blüthe hervorragt, und eine schmale, der Länge nach zusammengefaltete, behaarte Scheibe hat, welche sich in eine hakenförmige Spitze (Griffel?) verlängert. d) Ein Pistill (Fig. 24 *AB*) so lang als das vorige, mit verkehrt eiförmiger, behaarter Lamina, mit einem aufgesetzten Spitzchen und mit stipulaartig verbreitertem Blattstiel.

Aehnliche Erscheinungen am Pistill beobachtete ich an sechs Blüthenköpfchen von *Trifolium hybridum*, deren Blüthen fast alle lang (zum Theil ein Zoll lang) gestielt, mit Ausnahme des gefärbten und vergröfserten Kelchs und der freien, oder auch ganz fehlenden Staubfäden (wie schon oben erwähnt) normal waren bis auf das Pistill, welches mannigfache Umbildungen und überdiefs interessante Durchwachsungserscheinungen darbot, wovon ich einige der wichtigsten und mehrfach an jenen Exemplaren sich wiederholende Fälle herausheben will. a) In den meisten Blüthen war das Pistill vergröfsert, dabei öfters schraubenförmig, bald rechts, bald links gedreht und ragte so aus der Blüthe hervor. b) Eine auf langem Stiel getragene, spiralig gedrehte Hülse (Fig. 25 *A*), daneben ein Blatt *B*, dessen Stipulartheil zusammengefaltet das Ansehen einer Hülse darbot, während dasselbe nach oben als ein gewöhnliches kleines gestieltes dreizähliges Stengelblatt erschien. Die Stipulae waren bläulich gefärbt, wie überhaupt an den aus der Spitze

der erwähnten Kleeblüthen entspringenden Stengelblättern gerade in den freien Theilen der Stipulae eine Tendenz zur blumenblattartigen Beschaffenheit auftrat. c) In einer anderen Blüthe entsprangen aus der Mitte der Staubfäden vier Organe, von denen zwei ziemlich normal gebildete Pistille, die beiden anderen dreizählige Stengelblätter darstellten; bei dem einen dieser letzteren waren die Stipulae, bei dem anderen das Endblättchen corollenartig gefärbt. d) Das Pistill von gewöhnlicher Form, aber sehr vergröfsert, nach unten an der inneren Naht geöffnet und mit erweiterter Basis die Blüthenaxe umfafsend, welche sich als 2''' langer Stiel erhob, und oben ein Köpfchen von unentfalteten, mehr oder weniger normalen Blüthen trug (Fig. 28). e) In einer anderen Blüthe setzte sich die Blüthenaxe ebenfalls von der Basis des geöffneten Pistills umfafst fort, trug aber anstatt des Blüthenköpfchens in einiger Höhe zwei mit dem Pistill und untereinander alternierend vollständige Stengelblätter und schlofs dann mit einer Blattknospe. Das erstere dieser beiden Blätter barg in seiner Achsel ein grünes längliches Gebilde, welches am Rand kleine längliche, zellige Körperchen trug und vielleicht für eine isolierte Placenta mit Rudimenten von Eichen zu halten ist. f) Anstatt des Pistills entsprang in der Mitte einer anderen Blüthe ein Blatt (Fig. 26 *A*, *B*), welches mit seinem unteren zusammengefalteten (Stipular-) Theil gleichsam eine Hülse bildete und an der Spitze des Stiels drei der Länge nach zusammengefaltete, scharf gesägte grüne Blättchen trug; von dem Stipulartheil wurde ein zweites mit dem vorigen alternierendes, fast normales dreizähliges (Fig. 27 *A*, *B*) eingeschlofsen. g) Endlich fand ich in einer jener Blüthen innerhalb des Staubfadenkreises auf gleicher Höhe (also, wie es scheint, durch Theilung der Blüthenaxe) drei Blättertriebe. Der eine derselben bestand aus einem 4''' langen dreizähligen Blatt, welches mit seinem blumenartig gefärbten Stipulartheil ein zweites gegenüberstehendes, ebenso grofses ähnliches Blatt einschlofs, — der andere ungefähr ebenso, aber 6—7''' lang, — der dritte (5''' lang) wurde gebildet durch vier einander mit der Basis umfafsende vollständige Stengelblätter. — Im folgenden Jahr kamen Exemplare von derselben Art vor, deren Blüthenköpfchen durch Auflösung der Pistille in reiche Blätterbüschel verwandelt waren.

In den eben beschriebenen Bildungen bei *Trifolium pratense* und *hybridum* sehen wir an der Stelle des Pistills die Form des Stengelblattes so vollkommen und unzweideutig ausgeprägt und überdiefs so vielfach durch Uebergänge mit der gewöhnlichen Form des Pistills verbunden, dafs sich schwerlich Jemand gegen die Ansicht von der Blattnatur des Pistills von *Trifolium* verschliefsen

möchte. Noch bestimmter aber als die Form spricht für diese Ansicht die Stellung des Pistills seitlich an der Axe, wie diefs aus dem unter d) beschriebenen Fall hervorgeht, und nur ein Blattorgan umfafst die Axe mit scheidenartiger Basis wie in Fig. 28. Die letzte Entscheidung bekommt diese Frage indes erst durch die Entwickelungsgeschichte der normalen Blüthe, und wenn ich früher *) die Stengelnatur des Pistills der Leguminosen vertheidigt habe, so geschah diefs nur in der Voraussetzung, dafs Schleiden's und Vogel's Angabe über die Entwickelung desselben richtig sei, zumal da die Beschreibungen ähnlicher Antholysen des Leguminosenpistills nicht genau genug waren, um nicht auch für eine andere Deutung der blattartigen Bildung Raum zu lafsen. Nachdem ich mich aber überzeugt habe, dafs das Pistill dieser Familie sich nach dem Gesetz des Blattes entwickelt **), sehe ich mich durch die Uebereinstimmung dieses Ergebnisses der Entwickelungsgeschichte mit jenen unzweideutigen Bildungen der Antholyse genöthigt, mich für die Blattnatur des Leguminosenpistills zu erklären. —

Hieran reihe ich die Beschreibung einer Reihe von Bildungsabweichungen der Blüthe von *Veronica gentianoides* (im hiesigen botan. Garten), ausgezeichnet insbesondere durch mannigfaltige Uebergangsbildungen des Pistills in Blumenblatt und Staubfaden. 1) Corolla fünfgliedrig, nämlich anstatt des grofsen oberen Abschnittes zwischen den zwei Staubfäden zwei Lappen (Fig. 29); die beiden seitlichen etwas ungleich grofs. Der Kelch mit einem kleinen fünften Zipfel *v*. Am Grund des Fruchtknotens entspringt ein dritter Staubfaden (*f*), dem Ovarium der Länge nach angewachsen und eine weifse Leiste auf dessen Rücken bildend (Fig. 30), während die blaue normale Anthere (*a*) gleichsam den Gipfel des Ovariums bildet, der Griffel (*st*) aber durch dieselbe seitwärts gekrümmt erscheint. — 2) Corolla normal, Kelch fünfgliedrig, Pistill halb grün, halb corollenartig, oben eine Anthere tragend. Eichen ziemlich normal. — 3) Corolla und Kelch normal. Fruchtknotenwand von unten an und ringsum corollenartig, unten weifs, nach oben mehr blau, am oberen Ende ohne eigentliche Antherenbildung, reichlichen Pollen tragend und eine Placenta mit zahlreichen Eichen einschliefsend, welche etwas vergröfsert, sonst aber normal sind. An der Placenta ein corollenartiger Fortsatz. — 4) Die eine Hälfte des Ovariums ziemlich normal, etwas kümmerlich, die andere Hälfte

*) Pflanzenteratologie, S. 28. 127.

**) Cf. Buchenau, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Pistills 1851, S. 29.

hat sich als ein langer Staubfaden ausgebildet, welcher an der Spitze eine vollkommene zweifächerige Anthere trägt. Eins der beiden Fächer trägt einen stielartigen Fortsatz, welcher vollkommen mit dem normalen Griffel übereinstimmt. — 5) An mehreren anderen Blüthen derselben Traube ist das Pistill, nämlich besonders die eine Hälfte des Ovariums und der Griffel, mehr oder weniger blumenartig ausgebildet. — 6) Von den zwei normalen Staubfäden sitzt der eine nicht in der Corolla, sondern auf dem Blüthenboden. Ein kleines fünftes Kelchblatt. Der Fruchtknoten zur Hälfte normal, die andere Hälfte corollenartig, oben eine kleine normale Anthere tragend, aus deren Connectiv ein gewöhnlicher fadenförmiger verbogener Griffel entspringt (Fig. 31). — 7) Einer der beiden Staubfäden auf dem Blumenboden. Vom Ovarium die eine Hälfte normal, die andere corollenartig, die Spitze theilt sich in Antheren- und Griffelbildung. — 8) Ein Staubfaden frei, auf dem Blumenboden. Ovarium zur Hälfte grün, normal, zur Hälfte corollenartig, in einen gekrümmten Griffel endigend (Fig. 32). — 9) Die eine Hälfte des Ovariums grün, normal, die andere sehr vergröfsert, weifs blumenartig, nach oben in einen langen dicken Sack fortgesetzt, welcher in zwei Lippen endigt, von denen die eine (Fig. 33 *a*) eine blaue, nach innen sich öffnende Anthere, die andere einen kurzen, mit normaler Narbe versehenen, sich nach innen krümmenden und mit der Narbe dicht auf die Anthere legenden Griffel (*st*) darstellt. Auch das blumenblattartige Fach des Ovariums enthält eine Placenta mit Eichen. — 10) Das Ovarium ist ganz verschwunden, ein kurzer erweiterter corollenartiger Griffel an der Spitze in zwei Schenkel getheilt, von denen jeder eine blaue, ziemlich normale, wenigstens Pollen tragende, Anthere darstellt. — Dieselbe Erscheinung in verschiedenen Modificationen in anderen Blüthen.

Die genannten Bildungsabweichungen fanden sich bei zahlreichen Exemplaren und zwar stets an den unteren Blüthen der Trauben.

Was die Placenta betrifft, so habe ich aufser der oben unter e) erwähnten, vermuthlich als solche zu betrachtenden Auflösung dieses Organes bei *Trifolium hybridum* noch einen Fall aus den mehrfach genannten Blüthenantholysen von *Hyacinthus* anzuführen, wo aus dem aus sechs Carpellen bestehenden oben geöffneten Ovarium drei nach oben verlängerte und corollenartig ausgebildete Placenten hervortreten. Bei zwei derselben hatte die Verlängerung die Form einer vierfächerigen rothen, des Pollens entbehrenden Anthere. Weitere Angaben über die Placenta unten. Die Eichen am unteren Theil derselben waren regelmäfsig, die oberen als

unregelmäfsige Auftreibungen aber von der gewöhnlichen Farbe und Structur der Eichen; eins der letzteren erschien stielartig, an der Spitze mit Narbenpapillen. — Bei einer unten zu beschreibenden abnormen Rose erschienen die Eichen als Axillarknospen der Carpelle. Eins dieser Carpelle hatte das Ansehen eines rothen Blumenblattes, und das zugehörige Eichen war in eine langgestreckte rings geschlofsene, oben offene, unten spitz zulaufende ebenfalls roth gefärbte Tute verwandelt. — In den oben erwähnten vergrünten Blüthen von *Turritis glabra* waren innerhalb des angeschwollenen Pistills die Eichen auf mannigfache Weise metamorphosiert: bald waren sie auffallend vergröfsert, bald lang gestielt und gerade entwickelt, bald blattförmig mit mehr oder weniger abgesetztem Stiel, an der Spitze und am Rand gelappt. etwas hohl. — Eigenthümlicher und lehrreicher ist die Reihe von Abänderungsformen des Eichens, welche ich in dem stielartig verlängerten vergrünten mehr oder weniger fleischigen und behaarten Fruchtknoten eines monströsen Exemplars von *Crepis biennis* beobachtete. Im Grund der Fruchtknotenhöhle erhob sich das Eichen (in einem Fall zwei in einem Ovarium) auf einem langen Stiel, bis an das obere Ende der verlängerten Höhle reichend (Fig. 34); dabei kamen folgende verschiedene Modificationen der Form vor: mehr oder weniger keulenförmig an der Spitze verdickt (Fig. 36. 37. 38. 40), häufig mit Andeutungen der anatropischen Form (Fig. 38. 41. 43), — häufig ohrförmig ausgebreitet und alsdann knospenartige Bildungen daran entspringend (Fig. 35. 39. 43), — oft lang zugespitzt, und alsdann, sowie auch zuweilen bei der blattartigen Ausbreitung, gleich der Narbe mit spitzen Papillen besetzt (Fig. 35. 38. 39. 40. 42); einige Mal theilte sich das degenerierte Eichen in zwei Schenkel, welche von den Narben des Griffels gar nicht verschieden waren (Fig. 42), wobei aber der eigentliche Griffel in der auch sonst ziemlich normalen Blüthe gleichfalls vorhanden war*).

*) S. Reissek führt in Nro. 18 der bot. Zeitung 1853 bittere Beschwerde, dafs ein von ihm früher (Linnaea 1843, S. 656) erschienener, die Beschreibung einer Reihe von Anomalien der Samenknospe von *Sisymbrium Alliaria* enthaltender Aufsatz in meiner „Grundlegung der Pflanzenteratologie" unberücksichtigt geblieben sei. Es war übrigens kein absichtliches Ignorieren; auch beim besten Streben nach literarischer Vollständigkeit kann es begegnen, dafs manche Erscheinung, zumal bei den so sehr zerstreut mitgetheilten Beobachtungen über Pflanzenmisbildungen, unbekannt bleibt. Man sollte darüber nicht gleich empfindlich sein, — zumal wenn, wie hier, die Wissenschaft keinen wesentlichen Nachtheil dadurch erfährt. Denn, indem ich hiermit die versäumte Erwähnung nachhole, bemerke ich, dafs jene allerdings interessanten Umbildungen der Samenknospe in der That die nöthige Berücksichtigung gefunden haben, indem sie durch den einen oder anderen der von mir (a. a. O. S. 36) auf-

5. Das Axensystem in der Blüthe.

Von den hierher gehörigen Durchwachsungserscheinungen habe ich zunächst ein Paar Rosen anzuführen, deren Blüthenaxe sich nicht nur ungewöhnlich in die Länge entwickelt, sondern auch ihre eigenthümliche Form mehr oder weniger aufgegeben hat. Bei einer derselben war der Blüthenstiel 4''' lang etwas cylindrisch verdickt; oberhalb dieser Stelle standen fünf 1 — 2 Zoll lange linien-lanzettförmige, zum Theil gesägte grüne Blätter im reinen Wirtel, unmittelbar über denselben eine Menge rother Blumenblätter, die unteren zusammengerückt, die oberen zerstreut an der $1/2$ — 1 Zoll lang fortgesetzten, um das Vierfache im Durchmesser verdickten röthlichen und blafsgrünen längsgefurchten Axe emporsteigend und an dem Ende der letzteren wieder in grofser Anzahl in mehrere Köpfe unregelmäfsig zusammengedrängt, welche zusammen ungefähr das Ansehen einer gefüllten Rose darboten. Der Verdickung des Blüthenstiels unterhalb der fünf grünen (Kelch-) Blätter entsprach im Inneren keine Höhle, dagegen war die mit Blumenblättern besetzte Fortsetzung der Axe über dem Kelch hohl, und die innere Wand der Höhle von unten an bis zu einer gewissen Höhe mit Carpellen, die mit normalen Eichen und langen Griffeln versehen waren, besetzt, weiter nach oben aber mit Staubfäden und Blumenblättern; alle diese Organe ohne Ordnung in mehreren dichten Knäulen. Von den Carpellen war eines in ein rothes Blumenblatt aufgelöst und dessen Eichen in eine langgestreckte, oben offene, ringsum geschlossene, unten spitz zulaufende, ebenfalls roth gefärbte Tute verwandelt. Es hat sich also bei dieser Blüthe das normale Zahlenverhältnis und die Wirtelstellung nur auf der untersten Stufe der Metamorphose, im Kelch erhalten, während beide Gesetze in den Blumenblättern theils durch das Auftreten in einer grofsen und unbestimmten Anzahl, theils durch Verrückung des Wirtels und dadurch, dafs sich die Axe zwischen den Blumenblättern in die Länge gestreckt hatte, modificiert waren. Das Interessanteste aber bei dem Ganzen ist, dafs die Aushöhlung der Axe (und dafs die Kelchröhre bei *Rosa* für nichts Anderes als

gestellten Deutungsversuche ihre Erklärung finden und so in Einklang mit der Ansicht von der Axenbedeutung der Samenknospe treten. Den morphologischen und logischen Schlüfsen übrigens, wodurch der Verfafser jene Beobachtungen für seine Ansicht von der Blattnatur jenes Organs ausbeutet, vermag ich nicht zu folgen. Es erscheint mir der theoretische Theil jenes Aufsatzes ebenso als ein Beitrag zur Teratologie der Botanik, wie die Beobachtungen an *Sisymbrium Alliaria* als ein Beitrag zur Teratologie der Pflanzen.

eine Aushöhlung der Axe anzusehen ist, wird gerade durch unsere Misbildung evident) mit den Carpellen nicht unterhalb des Kelchs, sondern in die Verlängerung der Axe fällt, was freilich ganz natürlich aus jener abnormen Verlängerung der Axe folgt, da die Anordnung der Carpelle nicht an die Stellung zum Kelch, sondern an das Ende der Axe gebunden ist, mag dieses nun unterhalb oder durch Verlängerung oberhalb des Kelchs zu stehen kommen. — Eine ganz ähnliche Erscheinung fand ich an einem anderen Rosen-Exemplar, an welchem übrigens die Kelchblätter ungleich, theilweise den Stengelblättern gleichgebildet und über denselben nur wenige, quirlständige Blumenblätter standen, und auch der, nicht verdickte, Axentheil darüber nur mit einzelnen zerstreuten Blumenblättern besetzt war. Namentlich aber schlofs die verlängerte Axe keine Carpelle in einer Höhle ein, sondern war nur ganz oben kurz erweitert und trug hier Carpelle. — Und noch einen Schritt weiter geht die Umbildung der Axe in einem dritten Beispiele von *Rosa*, wo dieselbe unterhalb des aus fünf vollständigen Stengelblättern bestehenden Kelches ganz unverdickt war, oberhalb der auf den Kelch folgenden zahlreichen Blumenblätter sich als ein nackter Kegel erhob und gegen die Spitze hin (mit Verdrängung der Staubfäden) noch einige rothe Blumenblätter trug, welche allmälich in einige kleine grüne gelappte, wahrscheinlich den Carpellen entsprechende Blätter übergiengen. Die ganze Blüthenaxe war zwar hohl, aber oben geschlofsen, die normale Kelchröhre als krugförmige Vertiefung der Axe, also gleichsam durch Ausstülpung gänzlich verschwunden, so dafs der in der normalen Bildung organisch höchste Punkt der Blüthe in diesem Falle auch räumlich am höchsten gelegen war*).

Bei *Ranunculus Flammula*, an einem kümmerlichen einblüthigen Exemplar, verlängerte sich innerhalb der Corolla die Axe und trug an der Spitze eine kleine aber vollkommene und normale Blüthe.

In zwei Blüthen von *Vinca minor* erhob sich innerhalb der Blumenkrone eine zweite, die Staubfäden innerhalb der letzteren waren zum Theil in Blumenblätter verwandelt, Pistill und Narben normal.

Ein ausgezeichnetes Beispiel einer eigentlichen Durchwachsung (Diaphysis), d. h. einer Fortsetzung der Blüthenaxe über den Gipfel der Blüthe habe ich oben bei *Trifolium hybridum* beschrieben (Fig. 28), und zwar gehört dieses Beispiel unter den fünften der von

*) Aehnliche Beobachtung von Kirschleger: L'institut 1841, S. 421; Fenzl' Flora 1849, S. 699.

mir aufgestellten Fälle*), wo das Ende der Blüthenaxe von einem Carpell eingeschlofsen, aber nicht in Gestalt eines bestimmten Organs abgeschlofsen ist.

Eine Ecblastesis fand ich bei *Sisymbrium Alliaria*, wo aus den Achseln der zwei, den kurzen Staubfäden gegenüberstehenden Kelchblätter je eine kleine Blüthe entsprang.

Auf die vielfachen Bildungsabweichungen des Axensystems, wie sie bei *Reseda* vorkommen, ist auch von Anderen**) aufmerksam gemacht worden. Ich will hier einige der mannigfaltigen Fälle von Diaphysis, Apostasis und Ecblastesis hervorheben, welche in reichem Maafse an einigen monströsen Blüthentrauben, die ich von *Reseda alba* besitze, zu sehen sind. a) Aus der Mitte einer theilweise monströsen Blüthe erheben sich auf einem Stiel vier Carpelle, welche blattartig als Kelchblätter wieder eine Blüthe einschliefsen, deren Centrum eine dicht beblätterte Knospe bildet. b) Innerhalb der Staubfäden erhebt sich auf einem 4''' langen Stiel ein grofser bauchiger Fruchtknoten, dessen innerer Bau normal ist. c) Ebenso, aber die Placenten zum Theil in verästelte Zweige aufgelöst mit den mannigfachen Entbildungen des Eichens, welche ich anderwärts***) beschrieben habe; die Blüthenaxe selbst erscheint in der Mitte als ein Zweig mit Blättern und Blüthen. d) Die innerhalb der Staubfäden fortgesetzte Axe trägt eine zweite vollständige Blüthe und innerhalb dieser entspringt auf einem Stiel eine dritte. e) In der Mitte der Blüthe erhebt sich die Axe mit vier Kelchblättern, setzt sich innerhalb derselben noch ein Stück fort, trägt Staubfäden und setzt sich abermals fort, indem sie am Ende mit einer Knospe aus fiederspaltigen Blättchen und undeutlichen Rudimenten (vielleicht von Eichen) abschliefst. f) Die $1/2$ Zoll über die Blüthe emporgehobene Kapsel ist in vier Blätter aufgelöst, die Placenten sind ganz unterdrückt, oder eine derselben erscheint als Knospe mit fiederspaltigen Blättern in der Achsel eines der Carpelle, während die Hauptaxe als ein $1/2''$ hoch erhobener Stiel einen fünfblättrigen Kelch, Staubfäden u. s. w. trägt. g) Ebenso, nur sind die Placenten ganz verschwunden, und die Blüthenaxe setzt sich als kräftiger beblätterter Trieb fort; während h) in einem anderen ähnlichen Fall die Hauptaxe als ein mit grofsen fiederspaltigen Blättern versehener Trieb fortwächst, daneben aber wahrscheinlich als Axillarbildung eines Carpells eine vollständige

---

*) Pflanzenteratologie, S. 88.

**) Schimper (*R. lutea*), Schauer, Reichenbach (*R. odorata*).

***) A. a. O. S. 39.

Blüthe mit abermals emporgehobener Kapsel entspringt. i) Ein Carpell der emporgehobenen Kapsel ist in ein Stengelblatt aufgelöst, in seiner Achsel entspringt ein beblätterter an der Spitze blühender Zweig, in der Mitte der Kapsel als Ende der Hauptaxe nur eine kleine Knospe. u. s. w.

Ueber die Placenta mufs ich noch ein Wort hinzufügen: die hier beschriebenen Misbildungen von *Reseda* sind von Schleiden als Beweis für die Axenbedeutung der Placenta benutzt worden, während die Placenten bei *Reseda* nach der von Buchenau in einer verdienstlichen Arbeit**) über diese Gattung dargestellten Entwickelungsgeschichte als leistenartige Verdickungen der Verwachsungsstellen der Carpelle, nicht aber als selbständige Organe in den Achseln der Carpelle auftreten. Ich weifs zur Lösung dieses Widerspruchs nur diefs zu sagen. Eine Erklärung jener freien zweigartigen Placenten in den abnormen Bildungen durch Abtrennung von den Carpellen, ohne damit zugleich ihre selbständige (Axen-) Bedeutung anzuerkennen (wie Buchenau versucht), hat wohl keinen Sinn. Dagegen habe ich auch Schleiden's Angabe, dafs die in den Carpellwinkeln entsprungenen Placenten sich sogleich seitwärts biegen und mit den Rändern der Carpelle verwachsen, bei jenen Antholysen ebenso wenig bestätigt gefunden, wie Buchenau in der Entwickelungsgeschichte. Ferner haben die oben erwähnten, fast in allen jenen Blüthen auftretenden Axillarbildungen der Carpelle durchaus keine Beweiskraft für die Axenbedeutung der Placenta, insofern sie sich nicht durch Eichenproduction als losgelöste Placenten ergeben. Dieses gilt aber nur von dem oben bei c) angeführten Fall, welcher demnach allein in Frage kommt, auf welchen ich aber keine Behauptung zu Gunsten der Axentheorie zu gründen wage, indem ich keine Uebergangsbildungen davon zu der normalen Placentation beobachtet habe. Uebrigens halte ich, Buchenau's Beobachtung als richtig angenommen, dieselbe keineswegs für unverträglich mit der Axenbedeutung der Placenta, indem das Axenende gerade an den Verwachsungsstellen der Carpelle sanft emporgehoben und, ohne als selbständiger Zweig aufzutreten, mit dem jungen Gewebe der Carpellränder verschmolzen sein könnte, — während aber auch andererseits ebensowenig die Axenbedeutung *a priori*, d. h. als durch die allgemeinen morphologischen Gesetze postuliert, anzunehmen ist. — Es ist diefs aber eine von den Fragen, welche für eine so scharfe Beantwortung, wie man sie bisher versucht hat, noch nicht reif sind. Die

**) Bot. Zeit. 1853, S. 361.

Entwickelungsgeschichte hat einstweilen noch genug zu thun mit den Bildungsgesetzen in ihren gröberen Umrifsen, sie hat vor Allem die Aufgabe, die Thatsachen ans Licht zu bringen so wie sie sind, gegenüber der die Morphologie und Systematik noch grofsentheils beherrschenden Unsitte, die Erscheinungen so zu erklären, wie man sie sich entstanden denkt. —

Zum Schlufse will ich eine Bildung erwähnen, deren Bedeutung mir nicht klar genug ist, um sie unter einen der obigen Gesichtspunkte unterordnen zu können. Ein unmittelbar aus der Erde entspringendes 3/4 Zoll hohes purpurrothes einer Moosborste ähnliches Stielchen (Fig. 44, in Fig. 44* der obere Theil vergröfsert) trug an der Spitze fünf, bei anderen Exemplaren weniger, kapselartige Knöpfchen, das eine am Ende, die anderen vier dicht darunter ringsherum befestigt. Dieselben waren käseförmig, wie es von aufsen schien fünfklappig, auf jeder Rippe ein schwärzlicher Kiel, die Nähte zwischen den Klappen ebenfalls etwas erhoben, an der Spitze zwei verschlungene Fädchen wie verwelkte Griffel. Etwas unterhalb dieser Kapseln (bei *m*) safs am Stiel ein kleiner häutiger Ring, oberhalb dessen der Stiel wie auch die Kapseln grün und aufserdem mit farblosen durchsichtigen Bläschen (ähnlich den Pollen) bestreut waren. An einem Exemplar safs unterhalb der Kapseln ein kleines ovales Blättchen. Dies Pflänzchen fand sich in vier Exemplaren, von denen zwei in Töpfen mit Myrtenstöcken, zwei neben einem Monatsrosenstock. Leider verunglückten dieselben, ehe ich sie genau untersuchen konnte. Die zunächst sich darbietende Deutung dieser Pflanze ist wohl die, dafs mit Ueberspringung aller Blätter die Metamorphose gleichsam auf ihre letzte Stufe, die Frucht loseilte.

Erklärung der Abbildungen.

Tab. I.

1—8. *Iva xanthifolia.* Modificationen der Stellungsverhältnisse zwischen Blatt und Zweig. *c* die Hauptaxe; — *f*, *f'* Blätter, — *r*. *r'* die zugehörigen Zweige. Die nähere Erklärung vergl. oben S. 4 ff.

9. *Matricaria Chamomilla*, ein sich dichotomisch theilendes Köpfchen auf dem Längsschnitt. *m* = Markhöhle

10. *Hesperis matronalis*, ein zweitheiliges Blumenblatt.

11. *Fuchsia coccinea*, eine monströse Blüthe darstellend. 1) eine partielle Vergrünung*). 2) Vermehrung der Kelchblätter, 3) Aufhebung der Wirtelstellung der Kelchblätter und des Ursprungs derselben über dem Fruchtknoten. 4) die epigynische Kelchröhre kleiner als normal und ungleich hoch, 5) eine Mittelbildung zwischen Staubfäden und Blumenblättern, zwischen beide Blüthenkreise eingeschaltet.

12—20. *Salix fragilis.* Umbildung der der Blüthenaxe zugekehrten Honigschuppe (*m*) in einen pistillartigen Schlauch, welcher in seiner Höhe zwei antherenartige Säcke anstatt der Eichen einschliefst. *b* = Deckblatt, *n* die nach aufsen gestellte Honigschuppe, mit der inneren (*m*) durch den drüsigen Ring *o* zusammenhängend. Cf. S. 16.

21—24. *Trifolium pratense*, blattartige Auflösung des Pistills (S. 18). 21. Eine der mit einem Deckblatt unterstutzten Knospen, welche als ein rundliches Häutchen (22, *g*) im Grund des aufgelösten Pistills die Blüthenaxe schliefsen. — 21*. Ein aufgelöstes Pistill mit vorherrschendem Stipulartheil, 1''' lang. — 22. Aufgelöstes Pistill, 2''' lang. — 22*, Spitze eines Fiederabschnitts vom vorigen mit eigenthumlichen zelligen Fortsätzen. 23. *A* eine Blüthe von aufsen; *ss* Kelchzähne, *a alae*, *c carina*, *p* blattartiges Pistill aus der Mitte der Blüthe weit herausragend. — 23. *B* das letztere aus der Blüthe herausgenommen, ½ Zoll lang. — 24. Dasselbe aus einer anderen Blüthe, *A* zusammengefaltet, von der Seite, — *B* flach ausgebreitet, von innen.

25—28. *Trifolium hybridum*, blattartige Auflösung des Pistills und weitere Blatterzeugung am Ende der Blüthenaxe (S. 19). — 25. *A* Pistill auf einem

---

*) An den Kelchblättern *a' a'' a'''* erstreckt sich die grüne Farbe soweit dieselben schraffiert sind.

langen Stiel, spiralig gedreht, — *B* gewöhnliches Stengelblatt, dessen Stipulartheil hülsenartig zusammengefaltet, die Stipulae blumenartig, bläulich gefärbt, an der Spitze eingerollt. — 26. *A* stengelblattartiges Pistill, 4''' lang, mit grofsem zusammengefalteten, dünnhäutigen, farblosen Stipulartheil, — *B* dasselbe ausgebreitet ohne die Foliola. — 27. *A* ein vom vorigen eingeschlofsenes dreizähliges Stengelblatt, *B* eins der Foliola von innen. — 28. Das Pistill *p* im Grund die verlängerte Blüthenaxe *a* umfafsend.

29 — 33. *Veronica gentianoides*, Vermehrung der Blumenabschnitte und Uebergänge des Pistills im Blumenblatt und Staubfaden (S. 21). — 29. Corolla von oben, *v* der fünfte Blumenzipfel. — 30 — 33 *ov* = Ovarium, *f* = Filamentum, *a* = Anthere, *st* = Griffel. Das Ovarium in Fig. 31 — 33 zur Hälfte (so weit in der Figur die Schattierung geht) grün, mit Eihöhle, die andere Hälfte blumenblattartig zart und blau gefärbt.

34 — 43. *Crepis biennis*, Umbildung des Eichens (S. 23).

44 vergl. S. 28.

II.

Weitere Beobachtungen

über

die Keimungsgeschichte der Farne.

Ueber den Keimungsproceſs der Farne mit seinen auffallenden Eigenthümlichkeiten wurde in den letzten Jahren durch mehrere umfaſsende Arbeiten, insbesondere auch durch Hofmeister's Vergleichung mit der Entwickelung der übrigen höheren Kryptogamen viel Licht verbreitet. Das Interesse dieses bis dahin groſsentheils unbekannten Gegenstandes, namentlich auch die unter den Ansichten der verschiedenen Forscher bestehende Verschiedenheit veranlaſste mich meine frühere Untersuchung *) wieder aufzunehmen, und zwar war ich, da mir damals nur wenige, zum Theil nicht hinreichend bestimmbare Arten in beschränkter Menge zu Gebote standen, vor Allem auf die Auswahl eines ausgedehnteren und für die Beobachtung geeigneteren Materials bedacht. Folgende Arten liegen dieser neuen Untersuchung zu Grunde. *Pteris virgata*, *Pt. Spec.*, *Aspidium trifoliatum*, *Asp. Spec.*, *Nephrodium Spec.*, *Blechnum Spec.*, *Notochlaena Spec.*, *Lastraea Spec.*, *Acrostichum crinitum*, *Marattia Spec.*, *Cibotium Schiedeai*, *Alsophila armata* (?), *Cheilanthes pulveracea*, *Angiopteris angusta*, *Davallia Spec.*, — ferner *Asplenium germanicum*, *A. Ruta muraria*, *Pteris serrulata*, *Woodsia hyperborea a. arvonica*, *Aspidium Filix mas*, *Cystopteris fragilis*, *Scolopendrium officinarum*, *Blechnum Spicant*, *Osmunda regalis*, *Botrychium Lunaria* **), — *Equisetum arvense*, *E. silvaticum*.

Für die erst genannten Arten bot mir mit wenigen Ausnahmen der durch Farncultur ausgezeichnete Garten zu Schönbrunn das Material, dessen Benutzung mir im Jahr 1850 während meines Aufenthaltes in Wien durch die Liberalität des Herrn Gartendirectors Schott vergönnt war. Die Benennungen gebe ich so, wie ich sie in jenem Garten fand. Bei der Bestimmung der keimenden Farnkräuter ist ohnehin niemals aus dem Auge zu laſsen,

*) Bot. Zeit. 1849, Nro. 2 ff.

**) Die Untersuchung der *Ophioglosseae* in ihrer ersten Entwickelung war bekanntlich bisher noch eine Lücke, zu deren Ausfüllung die Hereinziehung dieser Gattung in das Bereich meiner Beobachtungen etwas beitragen möge.

dafs nach den Erfahrungen der Gärtner sehr leicht eine unabsichtliche Verwechselung der Arten stattfindet, indem sehr oft anstatt einer gewissen ausgesäten Art eine ganz andere aufzugehen pflegt. Die zuletzt genannten zwölf Arten habe ich selbst aus Sporen getrieben und dabei eine Vermischung verschiedener Species mit Sorgfalt zu vermeiden gesucht.

1. Entwickelung und Bau des Vorkeims.

Den Angaben der übrigen Beobachter über die Entwickelung des Vorkeims aus der Spore kann ich auch jetzt nichts wesentlich Neues hinzufügen. Die Keimung der Spore erfolgt bei den meisten Farn ungefähr ein Vierteljahr nach der Aussaat, bei *Aspidium Filix mas* binnen zwei Monaten, und noch schneller bei *Woodsia hyperborea*; die Sporen der letztern keimen so leicht, dafs bereits aus den noch in der Kapsel eingeschlofsenen Sporen Schläuche entwickelt werden, wie ich mehrere aufgeborstene Kapseln davon fand, aus deren Spalte dicke Bündel von zum Theil ziemlich langen Schläuchen sich herausdrängten (Tab. II, 1).

Chlorophyll tritt in der als farblose Blase aus der braunen Hülle hervorbrechenden inneren Zelle erst später auf, zieht sich aber alsbald mehr gegen die Spitze hin, und kommt, nachdem die erste Scheidewand entstanden ist, besonders in der vorderen Zelle vor, während es in der unteren und bei weiterer Verlängerung in den unteren Zellen verschwindet (Tab. II, 2. 3).

Wenn Suminski nach *Pteris serrulata* *) das erste Wurzelhaar vor der Entwickelung der ersten Zelle des Fadens zu allererst aus der Spore heraustreten, Hofmeister **) dagegen nach *Gymnogramme calomelanos* erst nachdem sich eine ganze Zellenreihe und sogar der Anfang von Lappenbildung entwickelt hat, an der Basis entspringen läfst, so sind beide Angaben, für die Farn überhaupt ausgesprochen, nicht richtig, indem z. B. bei *Woodsia hyperborea* und *Aspidium Filix mas*, wahrscheinlich aber bei den meisten Farn das erste Wurzelhaar an der bereits aus der Spore herausgetretenen ersten Zelle entspringt (Tab. II, 2. 3. Tab. III, 4).

Durch fortgesetzte Zellenbildung am vorderen Ende wächst der Zellenfaden nach und nach zu einem spatelförmigen, vorn ausgerandeten Lappen aus (Tab. III, 4), und erlangt weiterhin die bekannte zweilappige Gestalt des ausgebildeten Vorkeims. Dafs das Wachsthum am längsten in der Peripherie und besonders am vor-

---

*) Zur Entw.-Gesch. der Farnkräuter, 1848, S. 8. Tab. I, 8—10.

**) Höhere Kryptogamen, 1851, S. 78.

deren Rande fortdauert, erkennt man theils aus der in dieser Gegend abnehmenden Gröfse der Zellen, theils aus dem jugendlichen Inhalt derselben, indem jede Zelle in der Nähe des Randes (besonders deutlich bei *Blechnum Spicant*) einen hellen centralen Kern enthält und vom Chlorophyll ganz ausgefüllt ist, während sich dasselbe bei den älteren Zellen mehr auf die Nähe der Wand beschränkt. Am längsten erhält sich das Gewebe im Zustande der Entwickelung in der Nähe des vorderen Einschnittes, welcher die wahre Spitze des ganzen Gebildes darstellt.

Ein Punkt, auf welchen, so viel ich weifs, bisher nicht aufmerksam gemacht worden ist, ist die gleiche Richtung, welche sämmtliche Vorkeime, die aus einer Aussaat hervorgehen, mit ihrer Axe einnehmen. Um die Ursache, wodurch diese Richtung bestimmt wird, zu ermitteln, stellte ich je einen mit Sporen von *Aspidium Filix mas* besäten Topf in eins von vier Fenstern, welche ziemlich genau nach den vier Weltgegenden gelegen sind. Die Keimung fand schnell und sehr reichlich statt, so dafs sich der Boden dicht mit Vorkeimen bedeckte, welche sämmtlich mit dem vorderen Ausschnitt nach einer Seite hingerichtet waren, und zwar bei jedem Topf nach dem Zimmer hin, also mit der organischen Spitze des Vorkeims von dem Licht abgekehrt. Diese auf den ersten Blick auffallende Erscheinung erklärt sich bei der Beobachtung der Entwickelung sehr leicht. Der Vorkeim wächst nämlich von Anfang an nicht horizontal, sondern ist als junges spatelförmig verbreitertes Läppchen steil ansteigend oder vollkommen vertical aufgerichtet, und legt sich erst bei der weiteren Ausbildung mehr oder weniger flach auf den Boden an, oder bleibt auch bei manchen, besonders den baumartigen Farn, bis zuletzt vertical. Nun macht sich bereits sehr frühe jener Gegensatz zwischen den beiden Flächen geltend, von denen die eine (untere) von der anderen durch die Erzeugung von Wurzelhaaren, der Archegonien und Antheridien unterschieden, die andere dagegen dadurch ausgezeichnet ist, dafs sie vom Licht angezogen wird. Deshalb kehren sich sämmtliche junge aufrecht in die Höhe wachsende Vorkeime mit dieser Fläche dem Fenster zu, und das Licht drückt mit der Zeit, während sich die Läppchen vergröfsern, dieselben immer mehr auf den Boden nieder, gleichsam, um in der horizontalen Lage eine gröfsere Angriffsfläche zu gewinnen. Dadurch bekommen ganz natürlich die freien Enden, welche im ausgebildeten Zustande den Ausschnitt bilden, die dem Lichteinflufs abgewendete Lage. Die Richtung der sämmtlichen Vorkeime mit dem vorderen Rand nach der dem Licht entgegengesetzten Seite hängt demnach

nicht direct mit dem Einflufs des Lichtes zusammen, sondern beruht als eine secundäre Erscheinung auf derselben Ursache, welche bewirkt, dafs die mit den Wurzelhaaren und den beiderlei eigenthümlichen Organen versehene Seite zur unteren, und die dieser Bildungen entbehrende zur oberen Seite wird *). — Ein erfahrener Farn-Cultivateur glaubte die Beobachtung gemacht zu haben, dafs die Ausartung der Vorkeime (Unfruchtbarkeit und Wucherung) ihren Grund hauptsächlich in einer während des Keimens mehrfach veränderten Stellung der Töpfe habe. Was mich betrifft, so ist mir unter den zahlreichen Keimungsversuchen keiner in Beziehung auf kräftige und normale Entwickelung der Vorkeime und besonders auf reichliche Production von beblätterten Keimlingen so wohl gelungen, als diejenigen, wo die Töpfe von Anfang an unverrückt stehen gelafsen wurden.

Im Allgemeinen herrscht in Beziehung auf den Vorkeim der verschiedenen Farnarten eine grofse Gleichförmigkeit. Die Verschiedenheiten beziehen sich zum Theil auf die Gröfse (verhältnismäfsig grofs ist der Vorkeim von *Botrychium lunaria*, *Acrostichum Spec.*, *Aspidium trifoliatum*, *Nephrodium* (?); verhältnismäfsig klein, höchstens 2''' breit, bei *Osmunda regalis*) — oder auf die Gestalt (ausgezeichnet durch einen sehr tiefen vorderen Einschnitt ist *Osmunda regalis*, *Woodsia hyperborea*; — bei *Acrostichum crinitum* ist der Rand stark verbogen, bei *Blechnum Spicant* stumpfeckig) — oder auf das Gewebe, welches bei *Osmunda regalis* verhältnismäfsig klein-, bei *Woodsia hyperborea* ungewöhnlich grofszellig ist. Bei den Marattieen ist das Gewebe verhältnismäfsig derb, bei *Angiopteris* sind die Zellenwände sehr verdickt und zwar porös (Tab. II, 29); nach aufsen erscheint die Verdickung als eine dicke homogene Cuticula (Tab. II, 28). Der eigenthümliche Glanz der Oberfläche, welcher bei allen Vorkeimen gewöhnlich, bei manchen Arten besonders ausgezeichnet ist, beruht auf der mehr oder weniger stark convexen Aussenwand der Lagerzellen, z. B. *Pteris serrulata*. Die reichlichere oder sparsamere Vertheilung des Chlorophylls bedingt die bei verschiedenen Arten ungleich intensive grüne Farbe des Vorkeims (dunkelgrün unter Anderen bei *Marattia*, bei

*) Ein anderer Versuch, den Einflufs des Lichtes auf die Richtung des Vorkeims zu bestimmen, indem einmal der Zutritt ausschliefslich auf einen durchsichtigen dem Fenster zugekehrten Streifen eines den Keimboden bedeckenden, übrigens vollkommen verdunkelten Trinkglases beschränkt, — und das andere Mal durch ein ringsum verklebtes, nur oben durchsichtig gelafsenes Glas jeder einseitige Lichteinfluss abgehalten wurde, — war wiederholt ohne Erfolg, indem die Keimung wahrscheinlich durch den mangelhaften Zutritt der Luft verhindert wurde.

Osmunda regalis, wo sich die Chlorophyllbläschen fast berühren und einander abplattend eine fast undurchsichtige Bekleidung der Zellenwand bilden).

Von der Bläschennatur des Chlorophylls habe ich mich von Neuem bei vielen Farnvorkeimen überzeugt, nämlich *Pteris serrulata*, *Botrychium Lunaria*, *Osmunda regalis*, *Asplen. germ.*, *A. ruta muraria*, *Cystopteris fragilis*, *Scolopendrium officinarum*, *Woodsia hyperborea*, *Acrostichum crinitum* (klein). Bei allen diesen, insbesondere bei *Pt. serrulata*, ist ein kreisrund (bei *Botrychium* länglich) linsenförmiges Bläschen aus einer zarten farblosen Membran mit homogener grüner Flüfsigkeit erfüllt, in welcher ein, zwei oder auch mehrere Kerne liegen. Jod und verdünnte Kalilauge lafsen die Membran farblos, während der Inhalt braun wird. Wo die Bläschen sehr gedrängt liegen, namentlich wenn sie durch Einwirkung chemischer Reagentien angeschwollen sind, bilden sie ein regelmäfsiges Parenchym mit einem sechsseitigen farblosen Netz (Tab. II. 8.). Verdoppelung des Kerns, Einschnürung von aufsen mit gleichzeitigem Auftreten einer Scheidewand bis zur vollständigen Theilung in zwei Bläschen läfst sich auf allen Stufen beobachten (Tab. II. 7. *a. b. f. g. h*). — Eine davon verschiedene Form des Chlorophylls bietet *Blechnum Spicant* dar, nämlich ebenfalls runde oder längliche farblose Bläschen, welche aber nicht mit homogenem grünen Farbstoff erfüllt sind, sondern mehrere, gewöhnlich zwei oder vier rundliche oder spindelförmige grüne Körner enthalten (Tab. II, 24). Diese Form fand ich auch bei *Asplenium ruta muraria* in einzelnen Lagerzellen, während die Bläschen mit grüner Flüssigkeit hier das gewöhnliche Verhältnis bilden. Endlich kommt aber auch das Chlorophyll bei den Farnen als Amylumkörner, die mit Farbestoff bekleidet sind, vor, nämlich im Vorkeim von *Cheilanthes pulveracea* in Gestalt von sehr unregelmäfsigen, knochenförmigen, meist zusammengesetzten Körnern (Tab. II, 26), und bei *Aspidium trifoliatum* als grofse unregelmäfsig gestaltete solide Körner, deren furchenartige parallele Streifen vielleicht ebenfalls auf einen zusammengesetzten Bau hindeuten (Tab. III, 4*).

Die papillenartigen Härchen, welche, in Gestalt von länglichen den Lagerzellen aufgesetzten Zellen, mehr oder weniger Einflufs auf den Glanz des Vorkeims ausüben, scheinen zwar keine ganz constante Erscheinung zu sein, indem sie zuweilen an dem einen Exemplar einer Species vorhanden sind und bei einem anderen fehlen (z. B. *Scolopendrium offic.*), doch giebt es auch Arten, denen sie gänzlich fehlen, z. B. *Osmunda regalis*, *Woodsia hyperborea*, *Blechnum Spicant*. Nur am Rande kommen sie vor bei *Aspi-*

dium Filix mas, *Cystopteris fragilis*, *Scolop. offic.* (nur am vorderen Rand, kegelförmig, chlorophyllhaltig), *Davallia Spec.* (nach einer Seite geneigt, mit partieller Verdickung der Wand), — am Rande und zugleich mehr oder weniger zahlreich auf der Oberfläche bei *Botrychium Lunaria*, *Asplen. germ.* (besonders in der mittleren Region auf der unteren Fläche) und *A. ruta muraria*, *Lastraea Spec.*, *Acrostichum crinitum*, *Pteris serrulata*. Bei letzteren beiden sind die Härchen an der Spitze etwas kopfförmig, bei *Botrychium Lunaria* bestehen sie aus einer stielförmigen chlorophyllhaltigen Zelle und einer kopfförmigen farblosen Endzelle mit sehr verdickter Membran (Tab. III, 5). Bei *Alsophila armata* ist der vordere Abhang der polsterartigen Verdickung des Lagers mit steifen borstenartigen gegliederten Haaren besetzt *). Hierher gehören auch die weifsen Staubkölbchen, welche bei *Cheilanthes pulveracea* (Tab. II, 25) den Vorkeim am Rande und auf beiden Oberflächen gerade so bedecken wie die ganze übrige Pflanze. Auf einem einzelligen oder meistens gegliederten blafsen Stiel sitzt ein kugeliges Bläschen, welches aufplatzt und sich mit dem darin enthaltenen weifsen Staub bedeckt. Dieser Staub besteht aus dünnen spiralig gebogenen Fädchen von dem Ansehen der beweglichen Fäden in den Antheridien. Obgleich ich den Inhalt dieser Organe nur trocken und ohne Bewegung beobachtete, so läfst sich eine solche doch nach der übrigen Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Spiralfäden der Farne vermuthen, und wir würden alsdann eine Verbreitung des Antheridiums haben, welche sicher sehr weit über seine angebliche Function hinausgienge. Wahrscheinlich gilt das Gesagte auch für den staubartigen Ueberzug bei *Notochlaena nivea*, *Cyathea albata*, *Allosurus auratus*, *Ceropteris*.

Am Vorkeim von *Acrostichum crinitum* kommen ähnliche Spreublättchen vor wie am Wedel.

Als erste Andeutung der eigentlichen Wurzelhaare sehen wir bei manchen Arten, z. B. *Asplenium germanicum*, *Scolopendrium offic.*, halbkugelige Zellen, welche auf der unteren Fläche der Lagerzellen besonders an deren hinterer Wand oder in einem Winkel zwischen zwei Wänden aufgesetzt sind (Tab. II, 23). Die vorderen enthalten Chlorophyll, die hinteren sind braun. Dieselben dienen zum Theil den Wurzelhaaren als Basis. — Die Wurzelhaare, so viel ich weifs, immer einzellig, entspringen bei weitem am ge-

*) Das Auftreten der Papillen scheint zum Theil auch durch andere Ursachen bedingt zu werden, indem dieselben zuweilen, z. B. bei *Aspid. Filix mas*, bei einer Aussaat vorhanden waren, bei einer anderen nicht.

wöhnlichsten auf der unteren Seite des Vorkeims, besonders nach hinten hin; zuweilen auch aus den Randzellen, z. B. *Osmunda reg.*, *Woodsia hyperborea*; bei manchen Arten aber auch aus der oberen Seite, z. B. *Lastraea Spec.*, *Nephrodium Spec.* Bei *Alsophila armata* sind die Wurzelhaare kurz, stumpf und derb, ebenso bei *Marattia Spec.* und *Angiopteris angusta*; die Wand ist hier von ausgezeichneter Dicke und besteht aus vier deutlichen Schichten, von denen ich die äußerste sich an einzelne Stellen abschälen sah (Tab. II, 27).

Die Wurzelhaare werden nicht etwa erst durch die Berührung der unteren Fläche mit dem Boden hervorgerufen: sie entspringen als ein dicker weißer Schopf auf der dem Licht abgewendeten Seite des Vorkeims, während derselbe noch als spatelförmiger Lappen aufgerichtet steht, und die einzelnen Haare wachsen mit ihren freien Enden senkrecht nach unten, bis sie endlich am Boden anlangen.

Das Lager des Vorkeims besteht entweder bloß aus einer Zellenschicht und nur in der Mitte aus mehreren, ohne dadurch merklich verdickt zu werden (*Pteris serrulata*, *P. virgata*, *Asplenium ruta mur.*, *Woodsia hyperb.*, überhaupt wie es scheint bei den einheimischen Polypodiaceen), bei anderen, z. B. *Botrychium Lun.*, *Davallia*, *Lastraea*, *Aspid. trifoliatum*, *Acrostichum*, befindet sich auf der unteren Fläche ein nur die mittlere Region einnehmendes, dickes, nach allen Seiten oder wenigstens links und rechts nach den einschichtigen Seitenlappen steil abfallendes Polster, — oder der ganze Vorkeim ist dick fleischig, auch in der Peripherie mehr als einschichtig, z. B. *Alsophila*, *Marattia*. — Häufig nimmt an einzelnen, namentlich an sterilen Exemplaren die Verdickung des Lagers auf monströse Weise überhand, indem, wie z. B. bei *Cibotium Schiedeei*, die mittlere polsterartig verdickte Partie zuweilen sich auch in die Länge entwickelt, und wenn dabei die einschichtigen Seitenlappen zurücktreten, ein längliches beiderseits geflügeltes oder, bei gänzlich verschwindender Laubsubstanz, ein stielartiges verschieden verbogenes und gedrehtes Gebilde darstellt. Vielleicht gehört hierher auch die von mir *) an *Adiantum pubescens*, *Aspidium capense* und *Pteris Spec.*, außerdem weder von einem Anderen noch von mir wenigstens in jener Weise beobachtete stielartige Fortsetzung aus dem vorderen Einschnitt; doch kam dieß gerade an fruchtbaren Exemplaren vor. Die hiermit verbundene, von mir beschriebene **) Bildung einer Art von Mittelnerv, welcher in

*) Bot. Zeit. 1849, S. 106, Tab. I, Fig. 25. 28. 29. 30.

**) Ib. S. 106. Tab. I, Fig. 25. 29. 30.

dem genannten Processus ausläuft, scheint auch dem, was Mercklin (a. a. O. S. 54) angibt, zu Grunde zu liegen. Die von demselben angeführten wirklichen Gefäfse habe ich niemals gefunden, so dafs wenigstens die von ihm vermuthete Allgemeinheit dieser Bildung nicht besteht.

Meine Beobachtungen über die Keimung von *Equisetum arvense* und *silvaticum* stimmen sehr nahe mit der Darstellung von Milde*) überein, weniger mit der von Hofmeister**). Beide genannte Arten scheinen sich gleich zu verhalten. Die frische kugelige Spore, $^{1}/_{60}'''$ im Durchmesser, enthält reichliches feinkörniges Chlorophyll und einen centralen helleren Kern (Tab. III, 11). Zwei Tage nach der Aussaat (auf Wasser) ist die Spore, nachdem sie ihre äufsere Schaale abgeworfen hat, um das Doppelte ihres Durchmessers gewachsen, die Chlorophyllkörner sind viel gröfser geworden, der Kern undeutlich oder bereits verschwunden (Tab. III, 12); ferner zeigt sich an einer Stelle eine partielle Erweiterung, hier ist das Chlorophyll kleiner und sparsamer (Tab. III, 13), oder es entsteht hier ein ganz heller Blasenraum (Tab. III, 14). Die Erweiterung spitzt sich immer mehr zu, bald durch eine (Tab. III, 15), bald durch zwei unter einem Winkel auf einander stofsende Wände (Tab. III, 16) von der Spore getrennt; oder die Scheidewand tritt erst später auf. Der Auswuchs verlängert sich immer mehr (Tab. III, 17 — 20) zu einem verschieden gekrümmten Wurzelhaar, welches in seinem Basaltheil ziemlich viel, in dem dünnen Theil nur einzelne Körner Chlorophyll enthält (Tab. III, 20). — Innerhalb der folgenden drei Tage ist die keimende Spore von $^{1}/_{30}'''$ bis $^{1}/_{20}'''$ gewachsen und zugleich aus der runden in die elliptische Form übergegangen. Nach und nach treten Scheidewände auf, und zwar die erste entweder in der Richtung der Wurzelzelle (Tab. III, 22) oder senkrecht auf diese Richtung (Tab. III, 21); besonders im ersteren Falle entsteht bald eine herz- oder zweilappige Form, bald theilen sich die Zellen noch einmal durch senkrechte Scheidewände (Tab. III, 23 — 28). — Die Chlorophyllbläschen, deren Bläschennatur, wenn auch nicht so deutlich wie bei vielen Farnkräutern, zu erkennen ist, sind in diesem Stadium meist länglich und eingeschnürt, in der Vermehrung begriffen. Von Stärkemehl habe ich in denselben auch nach Zusatz von Jod nichts gesehen. — Die Wurzelzelle, also stets die erste secundäre Zelle, entwickelt sich rasch bis zu $^{1}/_{2}'''$ Länge, und steigt senkrecht in

*) N. A. C. L. XXIII. 2. S. 623.

**) Vergl. Unters. über die höheren Kryptogamen, S. 99.

das Waſser hinab. Die Membran derselben ist ziemlich derb; der Inhalt nach oben hin wasserhell mit einzelnen Chlorophyllbläschen, während dasselbe gegen die Spitze hin fehlt. Der Inhalt ist hier feinkörnig und erweist sich durch die intensiver braune Färbung durch Jod gegen den übrigen Raum als vorzugsweise reich an Protoblasma (Tab. III, 20). — Nach 10 Tagen seit der Aussaat hat der junge Vorkeim, wiederum um das Doppelte gewachsen, bis zu $^1/_{10}'''$, die Wurzelzelle bis $^2/_3'''$ Länge. Zuweilen tritt auch schon ein zweites Wurzelhaar an einer der Lagerzellen auf. Der junge Vorkeim hat auf dieser Stufe bereits eine sehr mannigfaltige Gestalt, welcher indes fast immer der zweilappige Typus zu Grunde liegt. Zuweilen scheint sich der Vorkeim in einer senkrecht auf der ursprünglichen Axe stehenden Ebene auszubreiten, wo er dann schildförmig mit dem Wurzelhaar zusammenhängt (Tab. III, 28). — Bei der weiteren Entwickelung wird der Vorkeim immer zusammengesetzter und verschiedengestaltiger, wie Milde es darstellt. Bis zum Auftreten der Antheridien und Archegonien reichen meine Beobachtungen noch nicht.

2. Sproſsenbildung und Theilung am Vorkeim.

Die Sproſsenbildung am Vorkeim, welche ich bereits früher*) erwähnt habe, beobachtete ich seitdem häufiger und in gröſserer Mannigfaltigkeit. Hierher gehört einerseits die Erscheinung besonders an wuchernden Exemplaren, welche, ihre regelmäſsige zweilappige Gestalt verlierend, an verschiedenen Stellen des Randes, namentlich aus dem vorderen Einschnitt Lappen erzeugen, welche der gewöhnlichen Form des Vorkeims mehr oder weniger gleichen**), z. B. *Cibotium Schiedeaei.* Wichtiger aber ist der Fall, wo junge Vorkeime von spatelförmigem Umriſs aus einzelnen Punkten der Fläche entspringen und, indem sie sich leicht isolieren, zur Vermehrung dienen. Oft finden sich ganze Büschel solcher Sprosse, und bei *Cibotium Schideaei* sah ich Exemplare, wo die ganze Oberfläche mit schmalen Läppchen besetzt war. Meistens findet die Sproſsung auf der oberen Fläche, doch auch auf der unteren statt. Besonders geneigt zur Sproſsung ist *Acrostichum crinitum*; auſserdem beobachtete ich sie bei *Aspidium trifoliatum*, *Pteris serrulata*. Bei *Alsophila armata* setzte sich an einem wuchernden Exemplar der sehr verdickte Vorkeim in zwei dicke Rüſsel fort, von denen der eine höchst unregelmäſsig gebogen, mit

*) Bot. Zeit. 1849, S. 113.

**) Vergl. Hofmeister, Höhere Kryptog. Tab. XVI, 16. XVII, 30.

verschiedenen hornartigen Aesten und aufserdem mit zarten jungen Vorkeimen besetzt war. — Besonders erscheint die Sprofsung in Folge von Verletzung; welcher Umstand von den Gärtnern (wenigstens in Schönbrunn) benutzt wird, seltene Farnvorkeime durch Einschnitte zu vermehren. Diese jungen Vorkeime erzeugen alsbald Antheridien, und zwar, wie auch Hofmeister *) bemerkt, gewöhnlich in sehr reichlichem Maafse, so dafs sie zuweilen wahrhaft haufenweise übereinanderliegen. Archegonien habe ich niemals daran gefunden, da ich sie nur im Zusammenhang mit dem alten Exemplar, also nur im unentwickelten Zustand beobachtete.

Mit der Sprossung ist die Theilung verwandt. Der Vorkeim der Farne theilt sich nämlich oft (z. B. bei *Alsophila villosa*, *Blechnum Spec.*) freiwillig am vorderen Ende in zwei Lappen, von denen sich jeder als selbständiger Vorkeim verhält, und mitunter wiederum theilt, so dafs aus einem Exemplar zwei, vier, sechs etc. herzförmige, nur mit der Basis zusammenhängende, jeder mit Triebfähigkeit versehene Lappen entstehen.

3. Anordnung und Vertheilung der Spiralfadenorgane und der Archegonien**) am Vorkeim.

Im Allgemeinen gelten hierfür folgende Regeln, worüber auch alle Beobachter übereinstimmen.

a) Beide Organe gehören zu einem vollkommen entwickelten Farnvorkeim. b) Sie entspringen beide auf der unteren Fläche, und zwar c) die Spiralfadenorgane vorzugsweise auf dem hinteren, d) die Archegonien auf dem vorderen Theil in der Nähe des Einschnittes. e) Die Entwickelung und das Absterben beider Organe schreitet wie die des ganzen Vorkeims von hinten nach vorn fort; demgemäfs treten auch die Spiralfadenorgane früher auf als die Archegonien, zuweilen schon, wie ich z. B. bei *Blechnum Spicant* sah, an dem Vorkeim, so lange er nur aus einer Reihe von Zellen besteht, und wie er sich eben erst aus der Spore entwickelt hat.

Hierbei habe ich einige Fälle zu erwähnen, welche diese Regeln wenigstens in Beziehung auf ihre Allgemeingiltigkeit einigermaafsen modificieren.

a) Es gibt ausgebildete Vorkeime, an denen beide Organe fehlen. Es gibt auch, wie ich bereits früher***) hervorgehoben habe,

*) A. a. O. S. 84.

**) Die Ausdehnung dieser Bezeichnung von den Moosen auf die Farne nach Hofmeister's Beispiel scheint mir dadurch gerechtfertigt, dafs dieses Organ nunmehr wirklich als „Ursprungsstätte“ einer neuen Lebensform nachgewiesen ist.

***) Bot. Zeit. 1849, S. 77.

Exemplare und vielleicht sogar Species, bei welchen das eine oder das andere der beiden Organe fehlt. Weitere Beispiele hierfür: Spiralfadenorgane ohne Archegonien, nicht blofs an jungen Exemplaren, bei denen das Fehlen der letzteren aus der unvollständigen Entwickelung erklärt werden könnte, sondern auch bei ausgewachsenen und normal gebildeten Exemplaren, z. B. *Pteris serrulata*, *Pt. virgata*, *Cystopteris fragilis*, *Woodsia hyperb.*, *Osmunda reg.*, *Botrychium Lunaria*, während andere Exemplare derselben Pflanzen umgekehrt keine Spiralfadenorgane, sondern Archegonien, und wiederum andere Exemplare beiderlei Organe zugleich tragen. Vielleicht gilt dieses Verhältnis auch für solche Pflanzen, bei denen ich entweder nur Exemplare mit Archegonien ohne Spiralfadenorgane, z. B. *Davallia*, *Polypodium albopunctatum*, fand, oder wo, wie bei *Scolopendrium offic.*, die meisten, und bei *Asplen. germ.*, wo fast alle von mir untersuchten Exemplare Archegonien und nur einzelne zugleich das zweite Organ trugen.

b) An einem Exemplare von *Pteris serrulata* lagen die Antheridien theils auf der unteren, theils auf der oberen Fläche, und bei *Cibotium Schiedeaei* war der gekräuselte Rand eines Exemplares an einer Stelle umgeschlagen und trug auf seiner unteren, eigentlich oberen, Fläche zahlreiche Spiralfadenorgane.

Ebenso sind die Archegonien nicht so ausschliefslich auf die untere Fläche beschränkt, wenigstens fand ich bei einem Exemplar von *Nephrodium Spec.* auf der oberen Fläche aufser Wurzelhaaren auch eingesenkte Höhlen mit halbkugeligen vierzelligen ostiolis.

c) Die Spiralfadenorgane entspringen bei *Osmunda regalis*, wo sie überdiefs nur in geringer Zahl vorhanden sind, aus dem Rand oder wenigstens in der Nähe desselben in der hinteren Region, an einem Exemplar z. B. auf jeder Seite an den hinteren Randzellen zwei. Bei *Cystopteris fragilis* sitzen diese Organe ganz nach vorn zwischen den Archegonien, und bei *Scolopendrium offic.* sogar an den Zellen des vorderen Randes (Tab. II, 22). Namentlich beschränken sich diese Organe nicht nur auf die hintere Seite bei solchen Vorkeimen, wo sie überhaupt in grofser Menge auftreten, wie sie bei manchen Exemplaren von *Botrychium Lun.*, fast auf jeder Zelle des Lagers sich bis vorn über die Bucht hinaus erstrecken. Wie *Botrychium* an diesen Organen reich, so ist *Osmunda* arm daran.

d) Auch die Archegonien kommen bei der letztgenannten Pflanze nur in geringer Zahl, nur ein oder zwei vor, und zwar nahe

*) Beobachtungen am Proth. der Farn, S. 35.

am Ausschnitt, etwas seitlich nach hinten, wie ich überhaupt die Angabe von Mercklin, dafs ein Archegonium sich immer gerade unter dem Einschnitt befinde, nicht bestätigen kann. Bei *Cheilanthes pulveracea* stehen die zahlreichen Archegonien auf der ganzen unteren Fläche, besonders aber nach hinten zu, zerstreut, wie ich eine solche Vertheilung dieses Organs über die ganze mittlere (polsterartig verdickte) Region von vorn bis hinten bereits früher *) dargestellt habe, was von den übrigen Beobachtern übersehen zu sein scheint. Auch bei *Pteris virgata* verbreiten sich diese Organe ziemlich weit nach hinten zu.

4. Das Spiralfadenorgan.

Ich habe in meiner früheren Arbeit die Wand dieses Organs, übereinstimmend mit Sumiński, für eine einfache Zelle erklärt, und stand insofern im Widerspruch mit den übrigen Beobachtern. Ich kann jene Ansicht, obgleich mir jene Farnspecies nicht zur Nachuntersuchung zu Gebote stehen, auch jetzt nicht für irrig erklären, da ich mich der sorgfältigsten Prüfung dieses Punktes bewufst bin. Dagegen mufste ich meine Ansicht über die Allgemeingiltigkeit jenes Baues ändern, sobald ich meine Beobachtung über andere Arten ausdehnte, bei welchen, wie z. B. bei *Pteris serrulata*, auf den ersten Blick gar kein Zweifel sein kann, dafs die Wand jenes Organs aus mehreren Zellen zusammengesetzt ist. Ebenso fand ich den Bau bei *Pteris virgata*, *Botrychium Lunaria*, *Asplenium germanicum*, *A. ruta muraria*, *Cystopt. frag.*, *Woodsia hyperborea*, *Blechnum Spicant*, *Aspidium trifoliatum*. Nachdem ich mich an diesen Pflanzen von der Richtigkeit der Angaben Nägeli's, Schacht's, Mercklin's, Hofmeister's überzeugt habe, ist es mir einerseits ganz begreiflich, dafs diese Beobachter den zusammengesetzten Bau des Spiralfadenorgans als allgemeines Gesetz aussprechen konnten, da es in der That der bei weitem häufigste Fall ist; andererseits aber ist denselben die Mannigfaltigkeit zum Theil entgangen, welche in diesem Punkt oft innerhalb einer und derselben Art herrscht, und wodurch die einfachste Bildung der Wand, aus einer Zelle, mit den complicierteren Zusammensetzungsformen verknüpft wird. Folgende verschiedene Fälle habe ich beobachtet:

1) Die Spiralfadenzellchen liegen neben dem Chlorophyll in einer gewöhnlichen Lagerzelle oder in einer nicht durch eine

*) Bot. Zeit. 1829, S. 49. Tab. I, Fig. 17.

Scheidewand von der Lagerzelle getrennten Erweiterung derselben, z. B. *Doodia aspera* (?) *), *Pteris serrulata* (Tab. II, 30).

2) Das Spiralfadenorgan ist eine selbständige, aber einfache Zelle, z. B. *Adiantum pubescens*, *Adiantum capillus Veneris* (?), *Aspidium capense*, *Pteris serrulata*, *Pt. virgata*, *Cystopteris fragilis* (Tab. II, 31), *Scolopendrium officinarum* **) (Tab. II, 22 a. a.). Hofmeister's Angabe ***) ist dahin zu berichtigen, daſs einzellige Antheridien nicht ausschlieſslich bei Sproſsen vorkommen, wie andererseits die Antheridien der letzteren zwar häufig, aber doch nicht immer einzellig sind.

3) Das kugelförmige Spiralfadenorgan durch eine horizontale Wand in zwei Zellen getheilt, von denen die untere gröſsere Chlorophyll, die obere, kleinere, Spiralfadenzellchen enthält, z. B. *Scolopendrium offic.* (Tab. II, 22. b).

4) Ein Kreiſs von peripherischen Zellen, welche, indem sie in der Mitte zusammenstoſsen, zugleich die Basis des Organs bilden, während die groſse Endzelle die Spiralfadenzellen enthält, z. B. *Cystopteris fragilis*, *Asplen. ruta muraria* (Tab. II, 32).

5) Ein Kreiſs von peripherischen Zellen, keine Basalzelle, d. h. die Spiralfadenbehälter an der Spitze und an der Basis einfach, z. B. *Pteris virgata* (Tab. II, 33).

6) Ein Kreiſs von peripherischen Zellen, eine kugelmützenförmige Endzelle, keine Basalzelle; *Davallia* (Tab. II, 34).

7) Ein Kreiſs von peripherischen Zellen, eine End- und eine Basalzelle; *Aspl. ruta mur.*, *Pteris virg.*, *Pteris serrulata* (Tab. II, 35)

8) Zwei Kreiſse von peripherischen Zellen übereinander gestellt, die Spiralfadenhöhle ringsum verschlieſsend; *Pt. serrulata* (Tab. II, 36).

9) Zwei Kreiſse peripherischer Zellen, von denen die unteren zusammenstoſsend zugleich die Basis bilden, und eine Endzelle; *Pteris serrulata*, *Pt. virgata*, *Asplen. ruta mur.*, *Woodsia hyperborea* (Tab. II, 37).

10) Ebenso, aber nicht nur eine End-, sondern auch eine Basalzelle; *Botrychium Lun.* (Tab. II, 38).

11) Drei Kreise peripherischer Zellen, keine End- und keine Basalzelle; *Botrychium Lun.* (Tab. II, 39).

Es geht bereits aus den angeführten Beispielen hervor, daſs diese Fälle zum Theil nebeneinander an einer und derselben

*) Cf. Bot. Zeit. 1849, S. 24. Tab. I, Fig. 5.

**) Cf. Mercklin a. a. O. S. 16.

***) A. a. O. S. 84.

Species vorkommen. — Die Wandzellen sind (mit Ausnahme des unter 3) angeführten Beispiels) frei von Chlorophyll und wafserhell und zum Theil tafelförmig, von so geringer Dicke, dafs man leicht in Versuchung kommen kann, die Organe in diesem Fall für einzellig zu halten. — Die Anzahl der in gleicher Höhe liegenden Wandzellen ist nicht gerade immer, wie die anderen Beobachter angeben, vier, sondern zuweilen fünf oder sechs. — Die mit Spiralfadenzellchen erfüllte Höhle ist meistens nicht als eigene Zelle zu erkennen, wegen ihres Inhalts indes ohne Zweifel als solche zu betrachten.

Zuweilen erhebt sich das Spiralfadenorgan auf einem Stiel mehr oder weniger über die Lagerzellen, z. B. bei *Davallia*, wo der Stiel aus einer oder zwei breiten cylindrischen Zellen besteht (Tab. II, 34); in einem Fall bei *Pteris serrulata* trat eine Randzelle circa $^{1}/_{4}'''$ lang über die übrigen als cylindrischer Stiel hervor, trug an der Spitze eine kurze ebenfalls grüne Zelle und auf dieser ein Spiralfadenorgan mit zusammengesetzter Wand (Tab. II, 21 *); auch würden die oben erwähnten auf gegliedertem Stiel sitzenden einzelligen Staubkölbchen von *Cheilanthes pulver.* hierher gehören, wenn man dieselben anders wegen der (bewegungslosen) Spiralfäden mit den eigentlichen Spiralfadenorganen zusammenstellen darf. Einen Fall mit gegliedertem Stiel beobachtete auch Mercklin †). In der Regel sitzen die Organe den Zellen des Lagers unmittelbar auf.

Eine von der gewöhnlichen kreisförmigen Anordnung der Wandzellen sehr abweichende Bildung des Spiralfadenorgans bietet *Osmunda regalis* dar, indem die Wand hier aus vielen bandförmigen, ähnlich wie bei den knospenartigen Organen bei *Chara*, spiralig angeordneten Zellen besteht (Tab. III, 1—3).

Die abweichenden Angaben der verschiedenen Beobachter über die Erscheinungen an den Spiralfäden in Beziehung auf Zahl und Gröfse der Windungen, Form des Fadens an sich und seine Zuspitzung, Anordnung und Zahl der Wimpern, Bewegung etc. beruhen gröfstentheils nicht sowohl auf einem schroffen Widerspruch der Beobachter, wie Hofmeister meint, als vielmehr auf wirklichen in den specifischen Typen begründeten Verschiedenheiten, und es ist unrichtig, wenn manche Beobachter, z. B. Hofmeister, die an einzelnen Arten wahrgenommenen Verhältnisse als Regel für die Farne überhaupt aussprechen. — Den von mir bereits frü-

†) A. a. O. S. 14. Tab. III, Fig. 1.

her *) hervorgehobenen specifischen Verschiedenheiten, z. B. bei *Adiantum pubescens*, *Ad. Capillus Veneris*, *Aspidium capense*, *Pteris Spec.*, füge ich aus meinen weiteren Beobachtungen noch folgende, genauer untersuchte Fälle hinzu. Bei *Pteris serrulata* ist der Spiralfaden bandartig (nicht fadenförmig, nach Sumiński), korkzieherförmig gewunden, die vorderen Windungen enger als die hinteren, dadurch die ganze Schraube nach vorn verschmälert, der ganzen Länge nach mit Wimpern besetzt (Tab. II. 14). Aehnlich so bei *Pt. virgata*. Bei *Botrychium* sind die Spiralfäden verhältnismäfsig gröfser als gewöhnlich, sie bestehen aus einem breiten Band, dessen Windungen sich ebenfalls nach vorn verengern, so dafs die Schraube vorn zugespitzt, hinten breiter erscheint (Tab. III. 6). Die Wimpern sitzen hier an der vorderen Spitze des Fadens, in geringer Anzahl (wenigstens zwei), sehr lang (wenigstens so lang als die ganze Schraube), und haben eine von der gewöhnlichen abweichende, schlängelnde Bewegung, wodurch sie in dem Wafser eine sehr auffallende Bewegung verursachen. Auch die allgemeine Bewegung des Fadens ist etwas ungewöhnlich, nämlich sehr schwerfällig, progressiv und rotierend, dabei aber mit dem vorderen Ende immer hin- und herwackelnd. Während in den meisten Fällen der Spiralfaden frühzeitig von dem einschliefsenden Zellchen befreit wird, bleibt derselbe bei *Cystopteris fragilis* in dem hier überdiefs verhältnismäfsig grofsen (1/200''' Par.) Bläschen längere Zeit eingeschlofsen, welches letztere sich lebhaft bewegt und nach dem Austritt des Fadens von demselben mit fortgeschleppt wird, — eine Erscheinung, welche, wie ich glaube, von Anderen zu allgemein aufgefafst wird und dadurch die unrichtige Deutung des anhängenden Bläschens als blasenartige Anschwellung des Fadens hervorgerufen hat, wie ich denn auch die anderen Angaben über Blasenbildung am Faden **), über Knöpfchen an den Wimpern ***) nicht bestätigen kann.

5. Das Archegonium.

Das Archegonium der Farne besteht wesentlich aus einer in dem bald stark polsterförmig, bald nur mit wenigen Zellenschichten verdickten Gewebe des Vorkeims eingesenkten, von mauerartigen grünen Zellen begrenzten, im Grundrifs achtseitigen Höhle, welche

*) Bot. Zeit. 1849, S. 33 ff. Tab. I, Fig. 6—9.

**) Suminski, a. a. O. S. 11. 12. Tab. II. S. 17—20; Mercklin, a. a. O. S. 26; Schacht, Linnaea 1849, S. 766. 770.

***) Mercklin, a. a. O. S. 24. Tab. VI, Fig. 18. g. p. q. s. u.

als ein engerer oder weiterer, vier- oder mehrseitiger Intercellulargang zwischen meistens vier, zuweilen fünf bis sechs, grofsen farblosen als ein halbkugeliger Hügel hervorragenden Zellen mündet (Tab. II, 12 *). Auf dieser Stufe der Ausbildung bleiben die Archegonien alle oder zum Theil, besonders die mehr nach vorn befindlichen, stehen, — häufiger aber baut sich auf diesen Grundzellen ein eiförmiges oder verkehrt eiförmiges Körperchen auf, welches aus vier (zuweilen auch fünf oder sechs) Reihen von zwei bis fünf übereinandergestellten Zellen zusammengesetzt ist, und zwar so, dafs in der Regel die vier Grundzellen durch ihre Gestalt und Lage von den oberen ausgezeichnet sind und am Grund des Körperchens deutlich durchscheinen, so dafs das letztere gleichsam wie künstlich auf jene ursprüngliche Form aufgesetzt (Tab. II, 9. 12) erscheint (ein Bau, welcher in den Darstellungen von Sumiński, Schacht und Hofmeister nicht deutlich hervortritt); zuweilen aber fehlt nicht nur diese halbkugelige Basis, sondern, wie mir scheint, auch die eingesenkte Höhle, nämlich bei denjenigen Archegonien, welche auf dem nicht verdickten Theil des Vorkeims entspringen, — ein Umstand, welcher Veranlafsung war, dafs ich in meiner früheren Arbeit die eingesenkte Höhle, wenigstens bei den Archegonien der gewöhnlichen Art, überhaupt übersah. Die Spitze jenes eiförmigen Aufsatzes wird in der Regel von vier Zellen, in einzelnen Fällen (bei *Botrychium Lun.*, *Pteris serrulata* (Tab. II, 10), *Woodsia hyperborea* (Tab. II, 4. 5), aber auch von einer Endzelle gebildet, so dafs hier der das eiförmige Organ durchziehende Intercellulargang an der Spitze bedeckt ist. Entweder schliefsen die vier Längsreihen der peripherischen Zellen in der Mitte unmittelbar aneinander †), — oder zwischen denselben erhebt sich eine centrale Reihe von Zellen (wie ich, in Uebereinstimmung mit Hofmeister, bei *Scolopendrium offic.* und *Woodsia hyperb.* (Tab. II, 4) beobachtete), bei *Botrychium Lun.* waren in einem Falle diese Zellen auch durch Längswände getheilt und bildeten eine vielzellige Ausfüllung des inneren Raums. Wahrscheinlich durch Auflösung dieser Zellen entsteht der gewöhnlich den hervorragenden Theil des Archegoniums durchziehende, oben stumpf keulenförmig endigende, nach unten verschmälerte und in den Intercellulargang zwischen den vier Basalzellen übergehende Canal, welcher nicht, nach Merck-

†) Ein Fall, welcher von Mercklin (a. a. O. S. 57) meiner Angabe gegenüber in Abrede gestellt wird, nichtsdestoweniger aber sehr häufig vorkommt und deshalb auch von Hofmeister in Uebereinstimmung mit mir als zweite Hauptform des Archegoniums angenommen wird.

lin, von Anfang an leer ist, sondern einen körnig-trüben Inhalt, nicht, wenigstens in der Regel nicht, nach Hofmeister's Angabe, in Gestalt einer wurmförmigen Masse, sondern als gleichmäfsige Ausfüllung enthält (und deshalb von mir früher *) vermuthungsweise als eine wirkliche Zelle angesehen). Von Sumiński, Schacht und Mercklin wird die angegebene Entstehungsweise dieses Kanals übersehen, derselbe vielmehr als eigentlicher Intercellulargang dargestellt.

Dieses Organ ist in der Regel in Folge einer Verlängerung der einen Seite, bald durch blofse Ausdehnung der Zellen, bald durch Zwischenschiebung von neuen schief geneigt und zwar vorherrschend mit der Spitze nach hinten, nicht, wie ich früher **) angab, nach vorn gerichtet, obgleich es auch nicht an Beispielen für den letzteren Fall fehlt, z. B. bei *Botrychium Lunaria*.

Die Zellen des eiförmigen Theils des Archegoniums enthalten anfangs Chlorophyll, später in der farblosen Flüfsigkeit je einen Kern (Oelbläschen?). Sie weichen beim Absterben des Organs an der Spitze auseinander und bilden eine weite Oeffnung nach aufsen; dafs sich der ganze über das Lager hervorragende Theil zuweilen an der Basis ablöst, wie Mercklin angibt, habe ich nirgends beobachtet.

In der ersten Periode des Archegoniums liegt in der eingesenkten Höhle desselben eine Zelle, welche die Grundlage für die junge Keimpflanze bildet oder meistens verschwindet, während sich alsdann die Höhle, sowie auch die den hervorragenden Kanal begrenzenden Wände der umgebenden Zellen braun färben. Indem sich mir die Archegonien bei den früher von mir untersuchten Farnen fast nur in diesem letzteren Zustand darboten, entgieng mir jene wichtige Zelle; auch blieb mir aus diesem und anderen Gründen ***) die Identität der von mir an gewissen Arten (später auch in ähnlicher Weise bei *Lastraea*, *Notochlaena*, *Marattia*, *Davallia* etc.) beobachteten, allerdings durch die gleichförmige Vertheilung auf der ganzen mittleren kifsenartigen Region und in anderer Beziehung von der gewöhnlichen Form abweichenden, von den anderen Beobachtern unbeachtet gebliebenen Archegonien mit den gewöhnlichen zweifelhaft †). Seitdem sich mir, besonders an den selbst gezogenen Farnspecies, günstigeres Material darbot, habe ich die centrale

*) Bot. Zeit. 1849, S. 40.

**) Ib. S. 39.

***) Ib. S. 49.

†) Nicht mangelhafte Beobachtung, sondern eine wirkliche Abweichung des Baues, welchen man erst selbst untersuchen sollte, ehe man sich erlaubt, meine Unterscheidung

Zelle innerhalb der eingesenkten Höhle vielfach und aufs Deutlichste beobachtet, insbesondere bei *Pteris serrulata* (Tab. II, 10. 11. 12) und *P. virgata*, *Asplenium ruta mur.*, *Scolopendrium offic.*, *Woodsia hyperb.* (Tab. II, 4), *Botrychium lunaria*. Die anderen Beobachter haben diese Zelle entweder gar nicht (Schacht) oder unrichtig aufgefafst, indem sie nach Sumiński als eine kleine durchsichtige Zelle im Grund der Höhle befestigt sein soll, bei Mercklin aber mehr als ein unbestimmt begrenzter rundlicher Körner- oder Schleimhaufen erscheint. Dagegen stimmt meine Beobachtung mehr mit Hofmeister überein. Wo der eiförmig hervorragende Theil des Archegoniums einen centralen Kanal enthält, ist sie die unterste jener Zellenreihe, welche ursprünglich die Stelle des Kanals einnahm, von den übrigen durch ihre stärkere Ausdehnung*) und längere Dauer unterschieden. Sie füllt die eingesenkte Höhle ganz aus, so dafs ihre Existenz aus dem trüben körnigen oder schleimigen Inhalt der Höhle und aus dem centralen Kern erkannt wird, und noch deutlicher, wenn sich die kugelige weifse durchsichtige Membran von selbst oder künstlich durch Behandlung mit Kali von der Wand oder Höhle ringsum etwas entfernt hat. Ob diese kugelige freie Zelle selbst von Anfang an die eingesenkte Höhle bildet, oder ob Hofmeister's Ansicht, wonach die Wand der polyedrischen Höhle von einer eigenen Zelle gebildet wird, innerhalb welcher erst nachher durch freie Zellenbildung jene kugelige Zelle auftritt, richtig ist, will ich nicht entscheiden; Tab. II, 12 spricht allerdings für die letztere Annahme.

Die eingesenkte Höhle, von kugeliger oder zuweilen von oben und unten etwas gedrückter Form, bietet, indem sie nach dem Verschwinden der Centralzelle und der Scheidewände des Kanals mit dem letzteren eine zusammenhängende Höhle darstellt, das Ansehen einer Retorte dar, deren gebogener Hals am Grund, d. h. als Intercellulargang zwischen den vier eigenthümlichen Grundzellen mehr oder weniger zusammengezogen ist. Eine abweichende Form zeigt *Marattia*, wo die eingesenkte Höhle sehr lang und abwechselnd dünner und dicker erscheint.

---

zu verurtheilen, sowie der zufällige Lebenszustand, in welchem sich diese Organe allein darboten, waren Schuld, dafs ich die Identität mit den gewöhnlichen Archegonien nicht bestimmt erkannte und deshalb lieber einstweilen beide Formen auseinanderhielt als möglicher Weise den Fehler zu begehen, verschiedene Dinge zusammenzuwerfen. Jetzt hat mich meine erweiterte Einsicht in das Wesen des Archegoniums belehrt, dafs jene Vorsicht übertrieben war. Meine Fig. 24b wird von Mercklin (a. a. O. S. 57) ohne Grund anders gedeutet als von mir.

*) $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{90}$''' Par. im Durchmefser.

Die Entwickelungsgeschichte des Archegoniums läfst sich, weil die an einem Exemplar nebeneinander vorkommenden verschiedenen Formen nicht mit Sicherheit als Entwickelungsstufen angesehen werden können, sehr schwierig untersuchen, und die von den Beobachtern gegebenen Darstellungen dieses Punktes, welche überdiefs voneinander abweichen, beruhen grofsentheils auf willkürlicher Deutung des fertigen Organs.

6. Ueber das Auftreten und die Entwickelung der höheren Organe am Vorkeim.

In Beziehung auf die Art und Weise, wie die zweite Lebensform der Farne aus dem lagerartigen Vorkeim ihren Ursprung nimmt, giengen meine früheren Beobachtungen nicht weit genug, um in diesem Punkt mit voller Sicherheit auftreten zu können; doch liefs das, was ich gesehen hatte, keine andere Ansicht zu, als die, dafs das beblätterte und bewurzelte Pflänzchen aus dem Gewebe des Vorkeims lediglich wie ein Zweig an einer Axe entspringe; — womit ich mich denn bisher allerdings nicht nur mit dem Grafen Suminski, dem ersten Erforscher dieses Gegenstandes, sondern auch mit den späteren Beobachtern im Widerspruch befand. Meine weiteren, vor Allem auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen der Farnvorkeime liefsen mich meinen Irrthum bereits vor drei Jahren erkennen, und gegenwärtig bin ich im Stande, nicht nur mich entschieden zu der entgegengesetzten Ansicht zu bekennen, sondern dieselbe auch durch einige, bei dem gegenwärtigen Stand der Sache noch nicht überflüfsige Beiträge zu unterstützen resp. zu erweitern, — ich meine die Ansicht, dafs die junge Pflanze (der Kürze halber im Folgenden „Keimling" oder „Trieb" genannt) als isolierter *) Körper innerhalb der centralen Höhle eines Archegoniums, nämlich durch Fortentwickelung der oben erwähnten freien sphärischen Zelle entsteht, und bei seiner weiteren Entwickelung das einhüllende Archegonium durchbricht. Insbesondere habe ich mich von diesem Verhalten überzeugt bei *Pteris serrulata* und einer anderen *Pteris*, *Aspidium Spec.*, *Asplenium ruta muraria*, *Polypodium albopunctatum*, *Woodsia hyperborea*, *Botrychium Lunaria.*

Bevor ich auf die Beschreibung des Vorganges selbst eingehe, sind einige Thatsachen anzuführen, welche zur Sache gehören und eben weil es Thatsachen sind, nicht ignoriert werden dürfen, selbst wenn sie dem in einer Theorie Befangenen unbequem sein sollten.

*) In dieser Fafsung stimme ich freilich nicht mit Suminski und Mercklin sondern mit Schacht und Hofmeister überein.

Alle Beobachter stimmen darin überein, dafs von den Archegonien an einem Vorkeim (falls sie nicht ganz fehlen) stets mehr als eins vorhanden sind. Nun habe ich aber in meiner ersten Abhandlung die freilich unbeachtet gebliebene Mittheilung von 25 Fällen gemacht, wo an einem Vorkeim ein Keimling ohne irgend ein Archegonium vorkam, während mir nur drei Exemplare von treibenden Vorkeimen begegneten, die zugleich Archegonien trugen. Dasselbe fand ich später auch an einzelnen Exemplaren von *Pteris serrulata.* Will man hier annehmen, dafs diese Vorkeime nur mit einem und zwar fruchtbaren Archegonium versehen gewesen sind, so läfst sich diefs deshalb schwer mit jener sonst so allgemein herrschenden Mehrzahl der Archegonien vereinigen, weil nicht einzusehen ist, warum solche Ausnahmsfälle ausschliefslich an treibende Vorkeime gebunden sein sollten. Dazu kommt noch, dafs gerade bei jenen Beispielen noch andere Gründe: der Mangel an jeder sonst doch so gewöhnlichen Spur der absterbenden Archegonien und der allmäliche und innige Uebergang des Keimlings in das Gewebe des Vorkeims die Auffafsung des ersteren als einfacher Knospe sehr nahe legten.

Für das Auftreten der Keimlinge am Prothallium kann man als Regel aufstellen, dafs nur ein solcher und zwar auf der unteren Fläche dicht unter dem Einschnitt des Vorderrandes entspringt. Doch ist diese Regel nicht so ausnahmslos, wie sie von den Schriftstellern hingestellt wird, wie folgende von mir beobachten Fälle beweisen. Namentlich ist in Beziehung auf Zahl und Stellung das Treibvermögen der Vorkeime nicht so unbedingt eingeschränkt. Bei einer Art *Nephrodium* fand ich an einem langgestreckten verdickten Vorkeime am vorderen und hinteren Ende sowie an der Seite je einen Keimling, bei *Aspidium trifoliatum* aufser dem gewöhnlichen Trieb unter der Bucht einen zweiten seitwärts, an der Abdachung des Polsters, ähnlich so bei *Acrostichum Spec.*, bei *Cibotium Schideaei* zwei Triebe an getrennten Stellen, bei *Woodsia hyperborea* zwei Triebe in der Axe des Vorkeims hintereinander, und bei einem unbestimmten Farnvorkeim drei Keimlinge nebeneinander am vorderen Abhang des Polsters und einen vierten am hinteren Ende. — Wo nur ein Keimling vorhanden ist, sitzt er keineswegs allemal genau in der Mitte, sondern oft, z. B. *Woodsia hyperb.*, entschieden seitwärts von dem Einschnitt. — Selbst die obere Fläche des Vorkeims entwickelt mitunter Triebe, z. B. die oben erwähnte *Nephrodium*-Art, und bei *Asplenium foecundum* soll diefs sehr häufig vorkommen.

Die genannten Fälle würden zum Theil dem Gesetz, wonach

die Entwickelung des beblätterten Pflänzchens an das Archegonium gebunden ist, widersprechen, wenn die von Anderen ausgesprochene Regel, dafs die Archegonien nur auf die vordere Region der unteren Prothalliumfläche und die Triebfähigkeit nur auf das gerade unter dem Einschnitt gelegene Archegonium beschränkt sei, richtig wäre. Erst durch die oben von mir gegebene Nachweisung, dafs auch in der Zahl und Anordnung der Archegonien keine so durchgreifende Gesetzmäfsigkeit herrscht, als man gewöhnlich annimmt, läfst sich die Abhängigkeit des Triebs von dem Archegonium auch mit obigen Fällen in Einklang bringen. Schwieriger möchte diefs für eine andere Erscheinung sein, wenn es nämlich wahr ist, was mir ein in der Farn-Cultur sehr erfahrener Gärtner versicherte: dafs sich auf die Triebfähigkeit jeder Stelle des Vorkeims der Gebrauch der Gärtner gründe, seltene Vorkeime dadurch zu vermehren, dafs man dieselben quer durchschneide, wo dann jede Hälfte, die hintere wie die vordere, im Stande sei, eine junge Pflanze zu entwickeln.

Die Entwickelung des Keimlings ist nun folgende:

Die freie Zelle in der eingesenkten Höhle des Archegoniums theilt sich durch eine mit der Ebene des Vorkeims parallele Scheidewand in zwei Hälften (Tab. II, 11). Durch fortgesetzte Theilung auch in anderen Richtungen entsteht ein kugeliger zelliger Körper. Obgleich ich mich nicht getraue, die anatomische Entwickelung desselben nach der Aufeinanderfolge der Generationen etc. so bis ins Kleinste zu ermitteln, wie es Hofmeister in diesem wie in anderen Fällen darstellt, so kann ich doch soviel behaupten, dafs dessen Beschreibung, wenn auch in Form eines allgemeinen Gesetzes hingestellt, nicht für alle Fälle pafst, dafs vielmehr schon in diesen ersten Stufen der Zusammensetzung individuelle Verschiedenheit herrscht. Nur dafs die meisten Zellen concentrisch um eine oder mehrere Zellen in der Mitte angeordnet sind, scheint allgemein zu sein. Man unterscheidet diesen kugeligen Kern auf dem Längsschnitt von den umgebenden grünen Zellen durch sein trübes und weifsliches Ansehen. Er fällt leicht heraus, indem er vollkommen frei in der Höhle liegt (nicht an der Basis angeheftet, wie Sumiński und Mercklin angeben. Tab. II, 5. 13. 17. *e*.

Gleichzeitig mit seiner weiteren Ausbildung findet in den umgebenden und besonders in den die Höhle von oben bedeckenden Zellen des Lagers eine Zellenbildung statt, in Folge deren sich die Höhle erweitert und mit dem wachsenden Kern mehr oder weniger über das Niveau des Lagers emporgehoben wird, und als ein rundliches vorn und seitlich steil, nach hinten aber sanft abgedachtes Hügelchen hervorragt (Tab. II, 15). Die den Keimling einhüllende

Wand zeichnet sich von den benachbarten Theilen des Lagers durch ihr kleinzelliges Gewebe aus, und trägt auf dem Rücken nach hinten den abgestorbenen oberen Theil des Archegoniums, sei es nur das vierzellige Ostiolum als braunes Kreuz, oder auch den nach hinten gerichteten Halstheil. In manchen Fällen fehlte indes dieses leicht zu erkennende Merkmal gänzlich und zwar zufällig bei den zuerst von mir untersuchten Farnen. Auch bei *Pteris serrulata* begegneten mir solche Keimlinge, welche weder ihre Organe nach aufsen entfaltet hatten, noch die Merkmale des Archegoniums trugen; unter anderen kam auf einem Vorkeim dieser Art neben einem mit jenem braunen Stigma gezeichneten Hügelchen ein noch jüngeres ohne eine solche Spur des Archegoniums vor.

Eigenthümlich verhält sich in dieser Beziehung *Woodsia hyperborea*. Während nämlich sonst, wenigstens bei *Pteris serrulata*, der Kern bereits circa $^1/_{10}$''' dick ist, ehe der angeschwollene Bruchtheil merklich hervortritt, findet diefs bei *Woodsia* schon sehr frühe, bei einem Durchmefser des Kerns von $^1/_{54}$''' statt. Dabei ist die Hülle verhältnismäfsig dick, aus zwei oder mehreren Schichten bestehend, während dieselbe sonst einschichtig ist, — was aber merkwürdiger ist: gewöhnlich *) werden zwei Archegonien zugleich emporgehoben und zwar auf einen verhältnismäfsig hohen und steilen zelligen Hügel, welcher, von vorn nach hinten in die Länge gestreckt, sowohl an seinem vorderen als hinteren Gipfel ein Archegonium trägt, dessen Höhlen in das Gewebe eingesenkt sind. Entweder entwickelt sich nur in dem einen oder in beiden ein Keimling (Tab. II, 5).

Um diese Zeit verliert der Kern seine kugelige Form, es tritt im Wachsthum eine Polarität ein; der Kern und demgemäfs das ganze angeschwollene Archegonium erscheint von oben länglichrund; auf dem Längsschnitt aber zeigt der Keimling eine stumpf dreieckige Gestalt, indem nach vorn und unten einerseits (*f*) und nach hinten andererseits (*r*) eine Erweiterung stattfindet, während eine dritte abgerundete Ecke (*p*) den Grund der Höhle ausfüllend, nach oben, also nach dem Vorkeim gerichtet ist (Tab. II, 5. 6. 13. 16).

Die weitere Entwickelung besteht nun in einer zunehmenden Sonderung dieser drei Regionen als verschiedene Organe, indem sich das Ganze nach vorn und hinten verlängert, wobei der vordere Fortsatz (*f*) die Anlage des ersten Wedels oder das punctum vegetationis, an welchem der erste Wedel seitlich entspringt, der hin-

*) Ob diefs wirklich das vorherrschende Verhältnis bei diesem Farnkraut oder nur Ausnahme ist, will ich nicht entscheiden. Unter vier Fällen, die ich beobachtete, waren drei mit Doppeltrieben, einer mit einfachem.

tere (*r*) die Anlage der ersten Wurzel bildet; der dritte wächst zwar ebenfalls mehr oder weniger in die Länge (wodurch die junge Pflanze häufig auf einem deutlichen Stiel vom Vorkeim entfernt wird, Tab. II, 21, bleibt aber breit und bildet eine Art Fuſs, vermittelst dessen der Keimling mit dem Vorkeim in Verbindung bleibt oder vielmehr erst in einen wirklichen Zusammenhang tritt. Es erfolgt nämlich früher oder später eine allmäliche Verwachsung des Fuſses mit dem umgebenden Gewebe des Vorkeims, so daſs man den ursprünglich vollkommen isolierten Keimling bald nur durch Gewalt von der Unterlage loslösen kann, wobei der Fuſs seine scharfe Begrenzung verliert und am Vorkeim eine napfförmige Vertiefung mit zerriſsenem Rand zurückläſst; noch weiter hin ist die Verwachsung so innig, daſs eine künstliche Loslösung ohne wirkliche Zerreiſsung gar nicht mehr möglich ist, und die ursprüngliche Grenze nur an guten Längsschnitten durch die Differenz zwischen dem dichteren und grüneren Gewebe des Keimlings und den groſsen hellen Zellen des Vorkeims, besonders in Folge der Behandlung mit Aetzkali, wahrzunehmen ist. Diese Verwachsung, welche unter den übrigen Beobachtern nur von Schacht hervorgehoben wird, erfolgt bei manchen Arten schon sehr früh und innig; wenigstens gelang es mir bei vielen Farn schon in frühen Stadien durchaus nicht, die junge Pflanze auf dem Längsschnitt anders als in vollkommener Continuität mit dem Vorkeim darzustellen (z. B. *Pteris Spec.*, *Notochlaea Spec.*), so daſs ich dadurch immer mehr in meiner früheren Ansicht vom Ursprung des Keimlings aus dem Gewebe des Vorkeims bestärkt wurde. Bei *Pteris serrulata* findet die Verwachsung ungefähr bei einer Länge des Keimlings von $^{1}/_{3}$''' statt; bei *Botrychium Lunaria* läſst sich derselbe auch auf späteren Stufen, wenn bereits drei Wedel angelegt sind, vom Vorkeim ablösen.

Um diese Zeit wird die absterbende Hülle durchbrochen und zwar zuerst nach vorn *) von dem Wedel (Tab. II, 19), später nach hinten von der Wurzel. Dieselbe bleibt in der Mitte zwischen den beiden Organen in der Regel noch einige Zeit als braune Fetzen hängen, oder hinterläſst ihre Spur als ein sich vom Grund aus etwas an dem Keimpflänzchen erhebender zerriſsener Rand (*m*). Bei manchen Farn scheinen indes diese Ueberreste der Hülle sehr frühzeitig gänzlich zu verschwinden; wenigstens kann ich mir nur

*) Und zwar nicht regelmäſsig, wie Hofmeister behauptet, durch eine Querspalte, sondern auch, z. B. bei *Pteris serrulata*, der Länge nach, oder, wahrscheinlich noch häufiger, unregelmäſsig.

so den Umstand erklären, dafs ich bei den meiner ersten Untersuchung zu Grunde liegenden Arten niemals solche Ueberreste einer Hülle finden konnte, wie sie von Suminski gezeichnet werden; ebenso ist es bei einer Art *Aspidium* und selbst bei manchen Exemplaren von *Pteris serrulata*, wo sonst die Durchbrechung am leichtesten zu erkennen ist.

Der Wedel erscheint beim Herausbrechen bereits flach, breit und gelappt*), nach innen gekrümmt, und unterscheidet sich so schon jetzt durch die Gestalt von der stumpfkegelförmigen Wurzel, welche übrigens die reine Fortsetzung des Wedels bildet, wenn auch zuweilen durch einen stumpfen Winkel oder eine Art Einsattelung davon abgegrenzt (Tab. II, 18. 19. 20. 21).

Der Wedel geht in seiner Entwickelung in der Regel der Wurzel voran, so dafs derselbe zuweilen schon über den Vorderrand hervortritt, während die letztere noch als rundlicher Höcker am hinteren Ende erscheint; in anderen Fällen aber, z. B. bei jenem *Aspidium*, schreitet das Längenwachsthum beider Organe ziemlich gleichmäfsig voran. Sobald der erste Wedel die Bucht erreicht, krümmt er sich aufwärts und erhebt sich senkrecht über den Boden; ebenso richtet sich die Wurzel abwärts in die Erde.

Wenn der Keimling die Hülle durchbricht, erscheint am Grund des Wedels auf der dem Vorkeim zugekehrten Seite ein feinzelliges Höckerchen (Tab. II, 20. 21. *pv*), welches einstweilen als Terminalknospe oder punctum vegetationis bezeichnet werden mag, vielleicht aber die Anlage zum folgenden Wedel selbst darstellt. In der Folge treten an demselben häufig einzelne steife gekrümmte (z. B. *Pteris serrulata*) gegliederte Haare auf, welche zuweilen die jungen Theile so dicht einhüllen, dafs dadurch die Beobachtung sehr erschwert wird. Bei *Notochlaena* ist das punct. vegetat. mit Schuppen bedeckt, wie die am entwickelten Wedel. Bei der weiteren Entwickelung fallen diese Haare ab. — Auch der junge Wedel trägt bisweilen gegliederte Haare, bald am Rand, bald nur am Stiel, wie bei *Asplenium ruta muraria*, wo sie zum Theil eine grofse kugelige Endzelle mit körnig-trübem Inhalt tragen.

Die folgenden Wedel entspringen unmittelbar über der Ansatzstelle jedes vorhergehenden; in der Mitte erscheint abermals ein kleiner cambialer Höcker. Auch hier ist es mir nicht klar ge-

---

*) Schacht mufs diese Bildung übersehen haben, indem er (a. a. O. S. 776) den zuerst aus der Hülle nach vorn herausbrechenden Theil als kegelförmigen Körper bezeichnet und als Stengel „*plumula*“ auffafst, an welchem erst hernach das erste Blatt entspringe.

worden, ob die neuen Wedel aus demselben seitlich unter seiner Spitze entspringen (punct. vegetat.), oder ob nicht vielmehr dieser Theil selbst der Anfang des neuen Wedels ist, so dafs jeder Wedel aus der Basis des nächstvorhergehenden entspränge, wie es namentlich bei *Botrychium* bestimmt den Anschein hat, wo sich sogar die Blätter mit ihrem Grunde halb umfafsen. (Vergl. hierfür wie für das Folgende Tab. III, 7 — 10.) Ich würde mich für diese Ansicht erklären, stände sie nicht im Widerspruch mit dem allgemeinsten architektonischen Gesetz der höheren Pflanzengestalt.

Die Wedel divergieren, sicher wenigstens bei *Botrychium*, um 120°. Der zweite entspringt um 120° nach links, der dritte wieder links vom vorhergehenden u. s. w. Die Spirale der Blattstellung ist also rechts aufsteigend. Die Stellung des ersten Wedels scheint bei einer und derselben Art verschieden zu sein, bald die obere Fläche dem Vorkeim zukehrend, so dafs der zweite Wedel zwischen dem ersten und dem Vorkeim entspringt (*Botrychium*. Tab. III, 8. 9, — *Pteris serrulata*, Tab. II, 18 — 21), — bald dem Vorkeim den Rücken zuwendend, so dafs der zweite Wedel auf der dem Vorkeim abgekehrten Seite entspringt (*Botrychium*, Tab. II, 10).

Wenn man aus der Vergleichung der aufeinander folgenden Wedel die Entwickelungsgeschichte derselben erkennen will, tritt die Schwierigkeit ein, dafs neben der zeitlichen (individuellen) Ausbildung auch eine Metamorphose stattfindet, so dafs der erste Wedel keineswegs als eine weitere Entwickelungsstufe des zweiten Wedels in demselben Zeitpunkt angesehen werden darf. Dieser Metamorphosengang besteht nämlich, wie die individuelle Entwickelung in einer Zunahme an Gröfse und Ausbildung der Gliederung. Die Scheibe der untersten Wedel ist verhältnismäfsig einfach (bei *Aspl. ruta mur.* ganz einfach), und wird erst bei den späteren Wedeln immer mehr ausgebildet fiederig. Bei *Botrychium* (wie auch bei *Pteris serr.*) ist die Lamina zwar schon bei dem ersten Wedel getheilt, aber die Lappen sondern sich bei den folgenden Wedeln immer mehr voneinander und vom Stiel; zwei- und dreilappige Wedel wechseln ohne Ordnung miteinander; so kommen folgende Fälle bei verschiedenen Exemplaren vor: a) die zwei ersten Wedel dreitheilig (Tab. III, 7); b) die drei ersten Wedel zweitheilig; c) der erste Wedel zweitheilig, der zweite dreitheilig, der dritte und vierte zweitheilig (Tab. II, 10. d); der erste zweitheilig, der zweite dreitheilig u. s. w. Die weitere Theilung dieser primären Abtheilungen, welche schon bei dem ersten Wedel sich zweimal wiederholt, ist sowohl bei dem zwei- als dreitheiligen

Typus vorherrschend dichotomisch. Bei *Aspidium Filix mas* sind die ersten Wedel zwei- oder dreilappig, bei den folgenden ist in der Regel ein Endlappen und es treten successive immer mehr Seitenabschnitte hinzu; ich verfolgte den Fortschritt an Keimpflanzen bis zu neun Seitenlappen bei drei Zoll Länge, wovon etwa die Hälfte auf den Blattstiel kam. — Erst auf einer späteren Stufe der Blattmetamorphose tritt die Sporenbildung auf. — Die Gefäfsbündel, welche bereits in der sehr jungen Lamina auftreten, verzweigen sich je nach der äufseren Form des Organs bald dichotomisch, bald trichotomisch, indem je ein Zweig nach den einzelnen Abtheilungen läuft, sobald dieselben kaum durch eine leichte Ausrandung voneinander gesondert erscheinen, weshalb der Typus der Verzweigung bestimmter an den Nerven als an dem äufseren Umrifs erkannt werden kann.

Was die Entwickelung des Wedels, namentlich die Richtung des Wachsthums oder das Verhältnis der Entwickelung von Stiel und Scheibe betrifft, so dient hier für die Beurtheilung theils die Gröfsenentwickelung, besonders aber die Structur, indem ein klein- und zartzelliges Gewebe mit trübem hellgrünen Inhalt als Kriterium des jugendlichen Zustandes zu betrachten ist; bei zunehmender Entwickelung wird diefs Gewebe im Stiel grofszellig und derb, in der Scheibe schwammförmig, mit Luft untermischt. Wendet man diefs Kriterium bei der Vergleichung der ersten Wedel und zwar mit Berücksichtigung verschiedener Exemplare an, so ergibt sich, dafs einestheils die blattartige Ausbreitung bereits auftritt, während der Stiel kaum vorhanden oder noch ganz kurz ist und sich gewifsermafsen hinter der Scheibe her entwickelt*), — dafs aber anderntheils die Scheibe keineswegs vor dem Stiel fertig wird, vielmehr noch fortwährend an Gröfse und Ausbildung der Gestalt zunimmt, während der Stiel bereits ziemlich ausgedehnt und ausgebildet ist. Wachsthum und anatomische Ausbildung schreitet im Stiel von unten nach oben hin fort**). — Wenn hiernach die Ausbildung am Wedel von unten nach oben fortschreitet, so folgt daraus noch nicht, dafs die Entwickelung des Farnwedels in der Richtung von der Basis nach der Spitze erfolgt***). Gegen Hofmeister's Ansicht, dafs die Spreublätt-

---

*) Schon bei einer Länge von 6‴ entwickelt bei *Pteris serrulata* der Wedel eine zwei- bis dreilappige Lamina, während der Stiel noch ganz verkürzt ist.

**) Die Scheibe ist noch klein und der obere Theil des Stiels noch dünn aus jugendlichem Gewebe bestehend, während der untere Theil schon sehr dick und derbzellig ist (z. B. *Asplen. ruta mur.*).

***) Nach Sumiński's Darstellung (a. a. O. S. 18. 19. Tab. V. VI.) tritt der

chen der Farn als die eigentlichen Blätter, die Wedel aber als Zweige angesehen werden müfsen, ist zunächst einzuwenden, dafs beide Organe, wo sie an einer Axe vorkommen, nicht auf die allgemein gesetzmäfsige Weise miteinander verknüpft sind, — und dafs die Spreublättchen nicht überall da vorkommen, wo die Wedel auftreten, wie sie z. B. bei *Botrychium* ganz und gar fehlen.

Die vernatio ist bei *Botrychium Lunaria*, wenigstens bei den ersten Wedeln, ebenso entschieden schneckenförmig wie bei den anderen Farnen (Tab. III, 8. 10 f''') und die Unterscheidung der *Ophioglosseae* von den echten Farnen ist also in diesem Punkt nicht durchgreifend.

Die Scheibe bei dem ersten Wedel stellt sich im entwickelten Zustand senkrecht auf den Blattstiel.

Sämmtliche Wedel richten sich, wenn sie sich vertical über den Boden erheben, mit ihrer Oberseite nach dem Licht, wie man aus dem oben angeführten Versuch ersieht, in welchem dem letzteren bald von der einen, bald von der anderen Himmelsgegend her der Zutritt angewiesen wurde.

Kommt den Farnkräutern eine Hauptwurzel zu?

Nach der obigen Darstellung tritt die erste Wurzel schon in einem der frühsten Stadien des Keimpflänzchens als der dem ersten Wedel nach hinten entgegengesetzte Pol auf, und zeigt sich auch in der weiteren Ausbildung als die reine Fortsetzung desselben; ebenso entstehen die folgenden Wurzeln gewöhnlich in derselben Anzahl wie die Wedel, indem jeder der letzteren an seiner Basis nach hinten eine Wurzel trägt. — Bei *Adiantum pubescens* ist aber, wie ich bereits früher*) mitgetheilt habe, aufser diesen mehr seitwärts gerichteten Wedelwurzeln auch eine in der Axe der jungen Pflanze liegende Hauptwurzel vorhanden, welche ich dort als unmittelbaren Auswuchs aus dem Gewebe des Vorkeims und zwar als hintere Verlängerung des eigenthümlichen stielförmigen Processus in der Bucht auffafste, welche aber auch vielleicht dem punctum vegetat. entspricht; — und bei *Botrychium Lunaria* ist nur eine einzige Wurzel vorhanden, welche die Fortsetzung des ersten Wedels (vielleicht nur scheinbar) darstellt, während die folgenden Wedel diese Fortsetzung nach hinten entbehren (Tab. III, 7 — 10). Die eigentliche Bedeutung dieser Hauptwurzel, sowohl

---

Wedel mit einer flachen Scheibe auf und erst hintennach bildet sich der Stiel, wobei es auffallend ist, dafs nach den Abbildungen der in der Entwickelung dargestellte Stiel je näher der Basis desto grofs- und derbzelliger wird, anstatt am längsten cambial zu bleiben.

*) Bot. Zeit. 1849, S. 107. Tab. I, Fig. 25. 28.

wo dieselbe wie bei *Botrychium* allein, als wo sie wie bei *Adiantum pub.* neben den Wedelwurzeln vorkommt, ist mir nicht hinreichend deutlich; möglich, dafs sie durch Entwickelung des oben als „Fufs“ bezeichneten dritten Fortsatzes der stumpf dreieckigen Keimanlage entsteht, welcher zwar, wie gesagt, mit dem Vorkeim verwächst, aber vielleicht an einer gewissen Stelle nach hinten zur Wurzel auswächst; alsdann würde derselbe auch in denjenigen Fällen, wo keine von den Wedeln unabhängige Wurzel vorhanden ist, der ebenfalls nur als Rudiment vorhandenen Hauptwurzel der Monokotyledonen entsprechen. Ich weifs nicht, welche andere morphologische Bedeutung diesem eigenthümlichen Theil der jungen Farnpflanze, welcher den eigentlich wurzellosen Laubmoosen gemäfs deren Entwickelung aus den Vorkeimfäden gänzlich mangelt, zugeschrieben werden könnte. Hofmeister, indem er die erste wie alle folgenden Wurzeln für Adventivwurzeln erklärt und den Farn die Hauptwurzel schlechthin abspricht*), verkennt überdiefs auch die Natur der zweiten nach unten und hinten gerichteten Anschwellung der dreieckigen Keimanlage**), welche als unzweifelhafte Anlage der ersten Wedelwurzel, seiner eigenen Darstellung gemäfs, nicht in Folge einer Durchbrechung nach Art der Adventivwurzeln entsteht.

Die erste Wedelwurzel wird von einem centralen Gefäfsbündel durchzogen, welches sich unmittelbar in den zugehörigen Wedelstiel fortsetzt. Von einem Gefäfsbündel, welches in den Fufs eintritt und daselbst verschwindet, wie Schacht angibt, oder sogar, nach Mercklin, in das Gewebe des Vorkeims sich fortsetzt, habe ich nichts gesehen.

Die Wurzel wächst an der Spitze vermittelst des cambialen Gewebes, welches aber noch mit einem Wurzelmützchen bedeckt ist***). Nach oben strecken sich die Zellen der Wurzel in die Länge und bilden eine braune oft plötzlich abbrechende Prosenchymschicht†).

7. Ueber die Function der Spiralfäden.

Wenn ich den Ursprung der beblätterten und bewurzelten Farnpflanze aus einer freien Zelle im Grunde des Archegoniums

*) A. a. O. S. 83.

**) A. a. O. Tab. XVII, Fig. 20.

***) Bot. Zeit. 1849, Tab. I, Fig. 31. Meine Beobachtungen stimmen hierin ganz mit Sumiński's Abbildungen (a. a. O. Tab. IV, Fig. 8. 10) überein.

†) A. a. O. Fig. 29.

als herrschendes Gesetz*) betrachten und diese Entdeckung in der Hauptsache als das früher von mir bestrittene Verdienst des Grafen Sumiński nunmehr um so entschiedener anerkennen mufs, so sehe ich mich dagegen in meinem Zweifel gegen den anderen Hauptpunkt jener Entdeckung: die eigenthümliche Rolle, welche die Spiralfäden als Bedingung jenes Entwickelungsactes spielen sollen, durch meine weitere Untersuchung bestärkt, wenn sich auch seitdem Männer wie Mercklin, Nägeli, Hofmeister auf die Seite des Entdeckers gestellt haben.

Meinen Einwurf, dafs bei den zuerst von mir untersuchten Arten in den meisten Fällen die Spiralfäden eine zu kleine Bewegungssphäre hätten, um die Archegonien erreichen zu können, mufs ich insofern beschränken, als ich bei anderen Farnen allerdings diese Sphäre bedeutend weiter gefunden habe, indem z. B. bei *Botrychium* die Fäden in der That in grofser Menge in der unmittelbaren Nähe der Archegonien umherschwärmten, wenn ich auch Mercklin's Angabe**), dafs die ersteren vorzugsweise die Nähe der Archegonien suchen und sich wie instinctmäfsig um dieselben herumdrehen, durchaus nicht bestätigen kann. Auch das meinen ersten Beobachtungen zufolge hervorgehobene Hindernis für die Spiralfäden: ein durch die Wurzelhaare und fremde Dinge gebildetes Dickicht auf der unteren Fläche des Vorkeims findet, wie ich mich überzeugt habe, auf die Mehrzahl der Fälle keine Anwendung. Was ferner die zur Bewegung der Spiralfäden erforderliche Feuchtigkeit betrifft, so kann die Erfüllung dieser Bedingung freilich für die Zeit und Umstände der Beobachtung nämlich auf dem Objectträger des Mikroskops nicht in Abrede gestellt werden, auch mag das Wafser, welches sich an den natürlichen Standorten als Regen oder Thau gelegentlich und zufällig auch in dem rechten Zeitpunkt unter dem Vorkeim sammeln kann, für den angeblichen Zweck hinreichend sein. Dagegen weifs ich, dafs allen von mir im Zimmer cultivierten und unter meinen Augen sehr reichlich, zum Theil ohne Ausnahme austreibenden Farn-Vorkeimen weder Regen noch Thau, sondern nur eine sehr mäfsige von unten her aufgesogene Bodenfeuchtigkeit zu Gebote stand, mit welcher sie grofsentheils bei ihrer halbaufrechten Lage nicht einmal in unmittelbarer Berührung waren. Da nun aber in

---

*) Obgleich sich gewisse von mir beobachtete Fälle so sehr gegen diese Erklärung sträuben, dafs ich es einstweilen dahin gestellt sein lafsen mufs, ob sich nicht etwa mit der Zeit auch eine von den Archegonien unabhängige, gewöhnliche Knospenbildung wenigstens als Ausnahmsfall herausstellen wird.

**) A. a. O. S. 44.

der natürlichen Lage die Archegonien mit der Spitze nach unten und dabei keineswegs immer dem Boden unmittelbar anliegen, so bedarf es, um die Fäden vermittelst des Wafsers*) in die Mündung zu spülen, einer nicht allzu dünnen Wafserschicht. Dazu kommt noch eine Thatsache, welche ich früher erwähnte und jetzt bei noch verschiedenen anderen Farnspecies z. B. *Pteris serrulata, Polypodium albo-punctatum, Cystopteris frag., Botrychium Lun.*, bestätigt finde, dafs nämlich nicht nur, wie oben bemerkt, die beiderlei Organe häufig auf verschiedenen Exemplaren getrennt vorkommen, sondern dafs sehr häufig auch diejenigen Vorkeime einen beblätterten Trieb erzeugen, welchen die Spiralfadenorgane gänzlich mangeln. Um für diese Fälle etwa die Spiralfäden der benachbarten damit versehenen Exemplare zu Hilfe zu nehmen, bedarf es offenbar einer noch gröfseren zusammenhängenden Wafserschicht, wie sie wenigstens auf meinen Töpfen niemals vorhanden war.

Dafs die Archegonien mit der Spitze meistens nach hinten gerichtet sind, was man als Erleichterungsmittel für den Eintritt der Fäden hervorgehoben hat, habe ich bereits oben gegenüber meiner früheren Angabe bestätigt.

Bei den mit einem nur vierzelligen Krater mag die Oeffnung für den Eintritt der Fäden grofs genug sein, nicht so bei denen mit einem aufgesetzten Halstheil. Denn dieser ist von Anfang an geschlofsen, entweder dadurch, dafs die obersten Zellen dicht zusammenschliefsen**) oder die Spitze mit einer Scheitelzelle bedeckt ist, — oder das ganze Organ entbehrt einen axilen Kanal, selbst in solchen Fällen, wo sich in der centralen Zelle ein Keimling entwickelt. Das spätere Auseinanderweichen der Zellen am absterbenden Archegonium können aber die Spiralfäden nicht abwarten, da die Entwickelung im Inneren bereits während des frischesten Zustandes vor sich geht.

Kurz wir müfsen das Eindringen der Spiralfäden in das Innere der Archegonien für mehr als unwahrscheinlich halten. Jedenfalls bedarf es sehr bestimmter positiver Beweise für das Gegentheil. Auf welche directen Beobachtungen hat man denn aber eigentlich die Ansicht, dafs die Spiralfäden auf die Entwickelung des Keimlings einwirken, gegründet? Gegen die Angabe

---

*) Den angeblichen Schleim, in welchem Suminski und Mercklin ein Vehikel für die Bewegung der Fäden erkennen, mufs ich auch jetzt noch in Abrede stellen.

**) Suminski's Annahme eines Oeffnens und Schliefsens ist auch von Schacht und Hofmeister widerlegt worden.

Sumiński's, daſs die Spiralfäden in die Archegonien eindringen, erlaube man mir, theils wegen der Widersprüche zwischen seinen eigenen und seiner Zeugen Aussagen, theils weil in seiner Darstellung selbst nicht scharf zwischen dem von ihm Beobachteten und dem von ihm Gedachten unterschieden wird, auch jetzt meine Zweifel auszusprechen. Wenn man bedenkt, wie lange und anhaltend und mit welcher gewis gerade auf diesen Punkt gerichteten Aufmerksamkeit die Farne von Mercklin, Schacht, Hofmeister und mir beobachtet worden sind, so muſs es mindestens sehr auffallen, daſs es nur dem Erstgenannten gelungen ist, dreimal einen Spiralfaden in ein Archegonium eintreten zu sehen. — Worauf Sumiński und Mercklin ihre Ansicht stützen, ist vielmehr wohl hauptsächlich die Beobachtung von ruhenden Spiralfäden innerhalb des Kanals. Welches Gewicht diesem Argument beizulegen ist, wird deutlich, wenn man bedenkt, was jene Forscher für Spiralfäden gehalten haben, — nämlich nichts Anderes als die körnig-schleimige Substanz, welche den durch einen Intercellularraum gebildeten Kanal des Archegoniums ausfüllt und nach Maaſsgabe desselben eine nach oben keulenförmige nach unten gewöhnlich verdünnte Form besitzt. Diese nach Hofmeister's und meinen Beobachtungen unzweifelhaft aus der Auflösung einer axilen Zellenreihe (oder Zellenmasse) hervorgegangene Substanz halten Beide für einen eingedrungenen veränderten und aufgequollenen Spiralfaden.

Die Art und Weise, wie sich dieser angebliche Spiralfaden weiter verändern und bei der Entwickelung des Keimlings mitwirken soll, wie Sumiński es darstellt und Mercklin der Hauptsache nach bestätigt, glaube ich als ein in unklarer Form dargestelltes Product der Einbildung dieſsmal übergehen zu dürfen*). —

In Beziehung auf die theoretische Deutung seiner Entdeckung wird Sumiński sogar von Mercklin verlaſsen.

*) Vergl. Bot. Zeit. 1849, S. 89.

Erklärung der Abbildungen.

Tab. II.

1 — 6. *Woodsia hyperborea α arvonica.*

1. Kapsel, innerhalb deren die Sporen keimen. — 2. und 3. Keimende Sporen, *r* = erstes Wurzelhaar als Ausstülpung der ersten Zelle. — 4. Längsschnitt durch ein Archegonium mit einer axilen Zellenreihe und einer Basalzelle *a*. — 5. Durchschnitt durch einen sich aus dem Lager steil erhebenden zelligen 1/20''' langen Hügel, welcher nach vorn und hinten ein Archegonium trägt, deren jedes in seiner Grundhöhle einen mehrzelligen circa 1/50''' dicken Körper *e* enthält. — 6. Derselbe aus dem Gewebe herausgelöst, mehr vergröſsert, bereits stumpf dreieckig.

7 — 21. *Pteris serrulata.*

7. *a* — *h* Chlorophyllbläschen mit zarter weiſser Membran und homogenem grünen Inhalt und ein oder mehreren Kernen. Linsenförmig, in der Theilung begriffen. — 8. Mehrere Chlorophyllbläschen sich zu einem scheinbaren parenchymatischen Gewebe aneinander drängend, nachdem sie durch Behandlung mit Kali angeschwollen sind. — 9 Ein Archegonium, wie es sich über dem Lager auf vier Basalzellen erhebt, zwischen denen die eingesenkte Höhle in den Kanal des Archegoniums mündet. Der letztere mit trübem schleimigen Inhalt. 10. Ein Archegonium auf dem Längsschnitt, mit einer axilen Zellenreihe, deren unterste (*a*), die Grundzelle, von den übrigen durch ihren Inhalt ausgezeichnet ist. — 11. Archegonium auf dem Längsschnitt mit oben geschloſsenem Kanal; in der Grundzelle (*e*) eine horizontale Scheidewand. — 12. Archegonium, von vorn gesehen; in jeder Zelle ein Kern; in der polygonischen Oeffnung im Grund erscheint eine freie kugelige Zelle mit trübem Inhalt. — 12* Archegonium als halbkugelförmige Erhebung aus vier Zellen mit trichterförmiger Mündung. — 13. Archegonium auf dem Längsschnitt, im Grund ein mehrzelliger Keimling *e*. — 14. Spiralfaden, bandförmig, der ganzen Länge nach am Rand mit Wimpern besetzt. — 15. Ein bis zu 1/6''' Länge angeschwollener Bauchtheil eines Archegoniums von oben gesehen, mit einem braunen Kreuz als Mündung der ursprünglichen Höhle kleinzellig und chlorophyllreich gegen das Lager, nach vorn steil abfallend. — 16. Dasselbe der Länge nach durchschnitten, der dreieckige Keimling von einer farblosen Schicht des Archegonius eingeschloſsen. *f* = erste Wedelanlage, *r* Wurzelanlage, *p* Fuſs. — 17. Archegonium im Längsschnitt

mit einem kugeligen, aus concentrisch um eine central Zeile angeordneten Zellen bestehenden Keimling *e*. — 18. Desgleichen weiter entwickelt, $\frac{1}{4}'''$ lang. Keimling mit mehr gesonderten Organen, frei in der Höhle eingeschlofsen. — 19. Dasselbe etwas weiter entwickelt, der Keimling mit seinem vordern Theil die Hülle durchbrechend. — 20. Dasselbe, der Keimling auch mit dem Wurzelende frei, noch isoliert in der Höhle liegend. Der erste Wedel *f* hat bereits eine Scheibe ausgebildet, der Stiel noch verkürzt; *pv* das *punctum vegetat.* oder vielleicht die Anlage zum zweiten Wedel selbst. — 21. Der Keimling 1''' lang, vermittelst des Fufses *p* bereits in vollkommener Continuität mit dem Gewebe des Vorkeims, — *m* zerrifsener Rand als Ueberrest der Hülle, der erste Wedel *f* mit gestrecktem Stiel, dreilappiger eingerollter Lamina, deren Spitze aus kleinzelligem Gewebe; *c* Wurzelmütze. — 21* eigenthümliches Spiralfadenorgan durch Ausdehnung einer Randzelle auf einem $\frac{1}{4}'''$ langen Stiel.

22 — 23. *Scolopendrium officinarum.*

22. Ein Stück vom vorderen Rande des Vorkeims mit Spiralfadenorganen: *a*, *a* einfache dickwandige Zellen, *b* die obere kleinere Hälfte der Zellen enthält Spiralfadenzellchen, die untere Chlorophyll. — 23. Ein Stück vom hinteren Theil des Lagers, an jeder Zelle ein Wurzelhaar oder eine halbkugelige Blase, wahrscheinlich der Anfang eines solchen.

24. *Blechnum Spicant*, eine Lagerzelle mit Chlorophyll in der Gestalt von zarten Bläschen, welche eine farblose Flüssigkeit und darin zwei oder vier feste grüne Körner enthalten.

25 — 26. *Cheilanthes pulveracea.*

25. Zwei Lagerzellen, auf welchen Staubkolben entspringen, der Staub aus spiralig gebogenen Fädchen bestehend. — 26. Chlorophyllkörner.

27. *Marattia*, Ende eines Wurzelhaars mit schichtenartig verdickter Wand.

28 — 29. *Angiopteris angusta.*

28. Durchschnitt durch die obere Zellenschicht des Vorkeims mit stark entwickelter Cuticula. — 29. Eine Zelle von oben mit abwechselnd stark und weniger stark verdickten Wänden.

30 — 40. Das Spiralfadenorgan in verschiedenen Stufen der Zusammensetzung.

30. *Pteris serrulata*,
31. *Cystopteris fragilis*,
32. *Asplenium ruta muraria*,
33. *Pteris virgata*,
34. *Davallia*,
35. 36. *Pteris serrulata*,
37. *Woodsia hyperborea*,
38. 39. *Botrychium Lunaria*,

Tab. III.

1 — 3. *Osmunda regalis*, Spiralfadenorgan mit eigenthümlich zusammengesetzter Wand.

4. *Aspidium Felix mas*, Spore mit einem jungen Vorkeim.

4*. *Aspidium trifoliatum*, Chlorophyllkorn, unregelmäfsig, gefurcht, fest.

5 — 10. *Botrychium Lunaria.*

5. Haar mit rundlicher stark verdickter Endzelle auf einer Zelle des Vorkeims entspringend.

6. Spiralfäden mit schlängelnden Wimpern an dem vorderen Ende.

7. Junge Keimpflanze aus dem Vorkeim abgelöst, die zwei ersten Wedel *f* 4''', *f'* 3''' lang, die Scheibe dreilappig. — 9. Ebenso, die Scheiben dichotomisch, *f* 3''' *f'*, 5''' lang, zwischen beiden die Anfänge der folgenden Wedel.

die Wurzel *r* als unmittelbare Fortsetzung des ersten Wedels. — 8. Das vorige vergröſsert mit Weglaſsung des oberen Theils der Wedel. — 10. Ein Keimpflänzchen mit den ersten fünf Wedeln, die drei ersten f, f', f'' ausgebildet, 3 — 5''' lang.

11 — 28. *Equisetum arvense*, keimende Sporen.

11. Vor der Keimung, $^2/_{60}$'''. — 12 — 19. Am dritten Tag nach der Aussaat, $^1/_{30}$''' im Durchmesser. — 20 — 25. Am sechsten Tag, $^1/_{30}$''' — $^1/_{20}$'''. — 26 — 28. Am elften Tage, bis $^1/_{10}$''' zunehmend.

III.

Ueber Intercellularsubstanz und Cuticula

Als ich vor drei Jahren meine Schrift gleiches Namens veröffentlichte, hegte ich die Zuversicht, damit diese beiden Begriffe für immer zu beseitigen und als Ersatz dafür der Botanik die Allgemeingiltigkeit der Wahrheit, dafs die Zelle das alleinige Structurelement des Pflanzenkörpers sei, und dafs deren Membran nur nach innen wachse, zu schenken. Es war eine sanguinische Hoffnung. Denn wenn auch entschieden auf dem Rückzug begriffen, machen doch die beiden Factoren noch immer, besonders in den Lehrbüchern, wo die drei Capitel 1) von der Zelle, 2) von der Intercellularsubstanz, 3) von der Cuticula friedlich nebeneinander stehen, der Zelle vor wie nach die Alleinherrschaft streitig. Bei den Anatomen selbst ist ihre Herrlichkeit unverkennbar im Abnehmen. Die Intercellularsubstanz, welche einstmals die Grundlage und Bildungsquelle des ganzen Zellgewebes darstellen sollte, ist zum Theil bereits zu einem kleinen dreieckigen Zwickel zwischen den Zellen oder gar zu einem hypothetischen unsichtbaren Kitt zusammengeschrumpft, — und in der Peripherie der Pflanze hat die Zelle ihr Gebiet weit in die dicke glasartig homogene Schicht, die alte Cuticula, hinausgerückt, so dafs nur ein dünnes Häutchen aufserhalb der Zellen in den Köpfen der Anatomen noch immer ebenso der Auflösung widersteht wie der Säure unter dem Mikroskop. Dafs etwas an meiner Behauptung war, und zwar mehr als man bis dahin wufste, hat die Folge gezeigt; — dafs ich mich aber in der Hoffnung auf vollständige Anerkennung meiner Sätze grofsentheils geirrt, mag zum Theil darin liegen, dafs ich den conservativen Sinn unter den Naturforschern (als solchen) oder vielmehr die Zähigkeit in dem Festhalten an den eigenen oder des Meisters Theorieen, mit einem Wort das Gesetz der Trägheit in der Entwickelung der Wissenschaft nicht hinreichend kannte, — andern Theils mag auch die Schuld in mir liegen, dafs ich im Eifer viel-

leicht zu viel behauptet, und, obgleich redlich bemüht, erst zu sehen und dann zu behaupten, doch hier und da auch zu viel gesehen habe. Warum sollte ich vor dieser allgemeinen Gefahr allein sicher sein. Ich will gleich selbst ein Beispiel liefern.

Meine S. 30 obiger Schrift mitgetheilte Beobachtung an *Euphorbia Lathyris*, wonach ich die scheinbar eigene Membran der Milchsaftgefäfse in Abrede stellte, habe ich bei wiederholter Untersuchung nicht bestätigt gefunden. Den Grund meines Irrthums auszuführen, gehört nicht hierher, — nur soviel bemerke ich, Reissek's Versuche*), meinen Irrthum zu erklären, treffen die Sache nicht, so wenig wie seine Einwürfe gegen die Möglichkeit meiner Ansicht mit der Natur übereinstimmen. Genug, ich habe mich überzeugt, was zuerst Reissek**), später Schacht***) nachgewiesen hat: dafs die Milchsaftgefäfse bei *Euphorbia* so gut als es bei den *Apocyneae* und *Asclepiadeae* bereits früher durch Schleiden bekannt war, nichts Anderes sind als die Bastzellen. Die von mir aufgestellte Behauptung, dafs alle Neubildung in der Pflanze nur innerhalb der besonderen Zellen stattfinde, dafs es weder ein Wachsthum der Zellenwand nach aufsen, noch eine Ablagerung einer plastischen Substanz innerhalb der Intercellulargänge gebe, erleidet natürlich durch diese Anerkennung meines Irrthums keine Aenderung, — vorausgesetzt, dafs die Bastzellen überhaupt wirkliche Zellen sind und nicht, wie Reissek behauptet, durch Niederschlag von Zellstoff innerhalb eines mit Bildungssaft erfüllten Intercellularganges auf die anliegenden Zellenwände entstehen. Die Schwierigkeit, sich eine Absonderung einer plastischen Substanz durch die Zellenmembran zu denken, worauf sich besonders meine negativen Gründe gegen Intercellularsubstanz bezogen, fallen bei dieser Ansicht, wonach die Erzeugung des plastischen Zellstoffs aus der Flüfsigkeit innerhalb des Intercellularganges selbst stattfinden soll, allerdings weg. Wenn mir aber Reissek vorwirft, dafs ich den Schriftstellern fälschlich die Vorstellung einer Absonderung der Intercellularsubstanz unmittelbar aus den Zellen untergelegt habe, so berufe ich mich auf den wörtlichen Ausdruck derselben und auf den Umstand, dafs dieselben Autoren, welche eine Absonderung zwischen die Zellen annehmen, eine solche auch für die Entstehung der Cuticula behaupten, also in dem Umfang der Pflanze, wo doch aufserhalb der Zelle kein Bildungsheerd ist. — Ob Reissek's

*) Denkschriften der kais. Akademie B. IV, S. 160.
**) Sitzungsbericht der kais. Akad. 5. Heft. 1849.
***) Bot. Zeit. 1851, S. 513 und Schacht's „Pflanzenzelle“, S. 218.

Ansicht von der Entstehung der Bastzellen richtig ist, will ich hier nicht entscheiden; jedenfalls scheinen mir weder seine negativen Einwürfe gegen die Selbständigkeit dieser Zellen hinreichend begründet, noch seine positiven Gründe für die Intercellularbildung derselben genügend zu sein, indem er die Entwickelungsgeschichte der Bastzellen nicht sowohl nachweist als schlechthin behauptet. Freilich gilt dasselbe auch von Schacht's angeblicher Entwickelungsgeschichte der Bastzellen, welche sich auf die Angabe, dafs vier junge Bastzellen innerhalb einer Mutterzelle gesehen worden seien, beschränkt. Reissek mufs vor Allem nachweisen, dafs der Intercellulargang, in welchem eine Bastzelle entstehen soll, wirklich ein solcher ist, dafs er keine eigene, wenn auch noch so dünne, Membran besitzt. Was gegen seine Annahme spricht, ist hauptsächlich der Umstand, dafs in der Regel mehrere Bastzellen unmittelbar nebeneinander liegen, was für mehrere Intercellulargänge keinen Sinn hat. Ueberhaupt wird es Reissek bei unserer heutigen Kenntnis über die Genesis der Zelle schwer werden, Beifall für seine Zwischenzellenbildung zu finden.

In ganz abweichender Weise macht sich die Intercellularsubstanz bei Schacht geltend, dessen Behandlung dieses Gegenstandes in seiner „Pflanzenzelle“ nach den Ansprüchen, womit dieses Buch auftritt, ein besonderes Eingehen verlangt.

Vor Allem mufs ich, ehe ich über Intercellularsubstanz spreche, zwei vorschiedene Dinge sondern: einen zur Erklärung des Zusammenheftens der Zellen im Gewebe zu Hilfe genommenen optisch nicht nachweisbaren Kitt — und die unmittelbar wahrnehmbare angeblich die Zellen voneinander trennende Substanz. Ueber den ersteren streite ich nicht, sondern gebe die Annahme desselben einem Jeden, wer derselben zu bedürfen glaubt, als möglich zu, verlange dagegen, dafs man diese Annahme eben für nichts mehr als für eine subjective Hypothese ausgebe, und dafs man mir dasselbe Recht zugestehe, mir das Zusammenhalten der Zellen aus ihrer *in statu nascendi* halbweichen Beschaffenheit, wodurch zwei sich berührende Zellenwände innig zusammenkleben konnten, zu erklären. Eine Aufhebung dieser Adhäsion durch gewisse chemische Einwirkungen ist ebensowohl zu denken als die Auflösung jenes hypothetischen Stoffes. — Uebrigens erfolgt diese Isolierung z. B. der Holzzellen, d. h. im Sinne Schacht's die Auflösung der verbindenden Intercellularsubstanz, nicht blofs durch Schacht's angeblich specifisches Reagens auf diesen Stoff, durch Aetzkali, sondern bekanntlich und zwar noch leichter durch chlorsaures Kali mit Salpetersäure oder durch letztere allein. — Vielmehr halte ich mich

in meiner Besprechung ausschliefslich an diejenige Form der Intercellularsubstanz, welche als optisch wahrnehmbare plastische Masse zwischen den Zellen angenommen und aus einer Secretion erklärt zu werden pflegt.

Zuvor habe ich mich dagegen zu verwahren, dafs Schacht, welcher es bekanntlich mit der Behandlung der Arbeiten Anderer überhaupt etwas leicht nimmt, mir die absurde Leugnung einer Secretionsfähigkeit der Zelle überhaupt unterschiebt*). Was ich aus meiner Untersuchung gefolgert habe, ist die Behauptung, dafs nach den bisher bekannten Thatsachen kein Grund für die Annahme, dafs die Zelle eine plastische der Zellenmembran selbst verwandte Substanz secerniere, vorliege. Vergl. S. 75 und 81 meiner Schrift, wo Schacht sehen kann, wie überflüfsig es war, mich an die bekannte Secretion von Harz etc. zu erinnern.

In Beziehung auf die zwischen den Zellen angenommene optisch wahrnehmbare Intercellularsubstanz ist Schacht der Wahrheit um einige Schritte näher gerückt als die herrschende Ansicht, indem er den Antheil, welchen die secundären Verdickungsschichten an dem, was man früher bei den Moosblättern, im Collenchym, Albumen, in dem Flechtengewebe als Intercellularsubstanz auffafste, nach dem Vorgang von Gottsche, Mohl und mir anerkennt. Seine Intercellularsubstanz beschränkt sich fast nur noch auf das, was ich nach Abzug jener gröfseren Verdickungsmassen für die primäre oder äufserste secundäre Schicht der Zellenwand halte.

Die Kriterien Schacht's für die Intercellularsubstanz bestehen vor Allem in dem chemischen Verhalten, namentlich in der Auflöslichkeit durch Kalilauge und in dem Widerstand gegen Schwefelsäure, welche letztere die Zellenwand auflöse und nebst Jod blau färbe, während die Intercellularsubstanz dadurch nicht gefärbt werden soll.

Eine Auflösung der in Frage stehenden Massen durch Kochen mit Aetzkali kann ich überhaupt nicht bestätigen; was die übrigen Reactionen betrifft, so begründen sie gar keinen absoluten Charakter für den Zellstoff, welcher bekanntlich, wie Mohl und Schleiden und nach ihnen ich nachgewiesen haben, in unzähligen Abstufungen in Beziehung auf das Verhalten gegen Jod und Schwefelsäure auftritt. Im Allgemeinen nimmt der Widerstand des Zellstoffs gegen diese Einwirkung mit dem Alter zu. Daher bleibt die primäre Wand von stark verdickten Zellen fast ganz unverändert, während

*) A. a. O. S. 77. 86.

die Verdickungsschichten zum Theil schon durch blofse Behandlung mit Jod blau werden*). — Aber selbst einen solchen Unterschied zwischen verschiedenen Partieen der Pflanzensubstanz zugegeben, — wie erlaubt denn die chemische Beschaffenheit eines Stoffes ohne Weiteres einen Schlufs auf dessen physiologischen Ursprung? was hat die angebliche chemische Eigenthümlichkeit der Intercellularsubstanz mit einer Absonderung aus der Zelle zu thun?

Schacht's zweites Kriterium für die Intercellularsubstanz ist der Mangel an Schichtenbildung. Die Absonderungstheoretiker, z. B. Schleiden, finden in dem Schichtenbau kein Argument gegen ihre Ansicht; überdiefs ist aber der Mangel an Schichtenbildung ebenfalls eine durchaus relative Erscheinung. Was auf den ersten Blick homogen erscheint, zeigt sich bei gehöriger Beobachtung, bei dünnen Schnitten oder durch Anwendung von Reagentien als geschichtet; — was der Eine, z. B. Schacht, für homogen hält, erkannte ich grofsentheils als geschichtet.

Im Einzelnen werde ich zeigen, dafs die Kriterien, welche Schacht aufstellt, selbst wenn sie als Kriterien für die Intercellularsubstanz richtig wären, für die besonderen von ihm hervorgehobenen Fälle nicht anwendbar sind.

Die Kriterien, welche ich bei der Beurtheilung angewandt habe, sind dagegen positiv und durchgreifend. 1) Halte ich jede Masse, welche von Porencanälen durchsetzt wird, für secundäre Ablagerung innerhalb der Zelle, was wohl von Niemand streitig gemacht werden wird. 2) Wo sich eine einfache gleichdicke Schicht durch eine Anfangs homogen erscheinende Masse hindurchzieht, und dem Umrifs einer geschlofsenen Zelle gleicht, da wird man diefs nicht anders erklären können, als dafs es der primäre Umrifs der Zelle selbst, und dafs in jener schmalen Schicht die primäre Zellenwand wenigstens mit enthalten ist. Diefs ist von Schacht ganz unberücksichtigt geblieben. 3) Die directe Beobachtung der Entwickelungsgeschichte. Schacht spricht zwar allen seinen Vorgängern die Untersuchung derselben rundweg ab (S. 78), und nimmt das Verdienst für sich allein in Anspruch; gleichwohl konnte es ihm nicht entgehen, dafs von mir gerade an einer Reihe von Moosen, nach einer Methode, welcher auch er folgte, das Auftreten der Intercellularsubstanz von Anfang an aufs Gründlichste dargestellt worden war**). Ich habe dort nachgewiesen, dafs

*) Schacht selbst gibt für die Intercellularsubstanz bei *Fucus* eine relative Widerstandsfähigkeit gegen Schwefelsäure zu (S. 79).

**) S. 18 — 23.

in den Moosblättern zwischen den Zellenhöhlen und innerhalb dessen, was man vorher gewöhnlich als Intercellularsubstanz ansah, ein zusammenhängendes Netz von gleichmäſsig dicken weiſsen Linien verläuft, und daſs dieſs identisch ist mit dem Netz, aus welchem im jugendlichen Zustand das ganze Gewebe besteht, daſs diese weiſse Schicht nichts ist als die einfach erscheinende primäre Wand je zweier benachbarten Zellen, innerhalb deren die secundären Verdickungen, welche in der Folge zum Theil das Ansehen der eigentlichen Zellenwand haben, nach und nach auftreten. Schacht erkennt zwar die letztere Bedeutung der sogenannten Zwickelmaschen an, hält aber die weiſse Schicht, welche sich zwischen allen Zellen gleichmäſsig hindurchzieht, für Intercellularsubstanz, während die primäre Zellenwand gar nicht wahrnehmbar sei, — und dieſs zwar aus keinem anderen Grund, als weil diese Schicht der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure mehr widersteht als die inneren Schichten der Zelle, und weil sich die Zellen durch Kochen mit Aetzkali voneinander trennen. Der letztere Umstand würde aber doch am Ende selbst im Sinne Schacht's nichts beweisen, als daſs dadurch der von ihm angenommene unsichtbare Kitt aufgelöst wird. Durch die Einwirkung von concentrirter Kalilauge quellen besonders die secundären Schichten an, die primäre Zellenwand, von Schacht als Cuticula und Intercellularsubstanz aufgefaſst, wird nicht aufgelöst, sondern erst recht deutlich. Vergl. Tab. III, 29, das so behandelte Blattgewebe von *Radula complanata* darstellend. Bei längerem Kochen mit concentrierter Kalilauge wird nicht nur die primäre, sondern die ganze Zellenwand aufgelöst, was also gar kein Beweis für Intercellularsubstanz ist. Schacht sagt übrigens selbst*), daſs die Zellen in ganz jungen Moosblättern sich mit ihren gleichmäſsig verdickten zarten Wänden berühren, ohne Lücken zu laſsen, d. h. daſs auf dieser Stufe noch keine Intercellularsubstanz vorhanden ist. Da die Zellen nun gleichwohl zusammenhalten, so ist auch kein Grund, später eine wahrnehmbar dicke Schicht zwischen den Zellen als Intercellularsubstanz, welche das Zusammenhalten erklären soll, anzunehmen, — abgesehen von der Undenkbarkeit, wie zwischen zwei bereits durch erhärtete Substanz verkittete Zellenwände noch eine reichliche Intercellularsubstanz abgeschieden werden könnte.

Aehnliches gilt vom Collenchym, wo Schacht mir ebenfalls zugibt, daſs das, was Andere, z. B. Schleiden, für Intercellularsubstanz halten, aus den secundären Verdickungsschichten

---

*) S. 80 a. a. O.

besteht, zwischen denen eine durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbte Schicht rings um die Zellen gleichmäfsig dick verläuft. Wenn Schacht eine Schicht, welche jeder Unbefangene für die primäre Wand der Zelle ansehen würde, blofs deshalb für Intercellularsubstanz erklärt, weil dieselbe der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure verhältnismäfsig stärker widersteht, so wird er darin selbst die entschiedensten Anhänger der Intercellularsubstanz gegen sich haben. Denn wem wäre es unbekannt, dafs es eine Metamorphose der Zellenwand gibt, eine Veränderung in ihrem chemischen Verhalten bei gleichbleibender anatomischer Bedeutung? Auch die älteren Schichten der Holzzellen, desgl. die Korkzellen zeigen ja auch keine blaue Färbung durch jene Reagentien, sind es darum etwa auch Secretionsproducte? — Der Schlufs, welcher der Schacht'schen Beweisführung hauptsächlich zu Grunde liegt, ist der: die primäre Zellenmembran hat nirgends eine wahrnehmbare Dicke, — wo eine Schicht in der Peripherie der Zelle in wahrnehmbarer Dicke erscheint, da ist es Intercellularsubstanz. — Wenn die Chlorophyllbläschen in einer Zelle des Farnvorkeims aufquellend sich gegenseitig berühren und abplatten, und alsdann die Erscheinung eines durch ein polyedrisches weifses Netzes darbietet (Tab. II, 8), ganz ähnlich dem eines Lebermoosblattes, dann müfste Schacht die scheinbar einfache Wand zwischen je zwei Bläschen ebenso gut für Intercellularsubstanz erklären wie die Membran, welche sich in den Moosblättern oder im Collenchym zwischen den Zellen hindurchzieht.

Schacht leugnet überhaupt jede Verschmelzung zweier benachbarter Zellen. Dafs die scheinbar einfache Scheidewand bei den durch Theilung entstandenen Zellen ihrem Ursprung nach doppelt ist und als solche häufig auch noch später sich nachweisen läfst, ist ziemlich allgemein anerkannt; — dafs diese beiden Platten aber alsbald mehr oder weniger innig, d. h. bald bis zur leichten mechanischen Trennbarkeit, bald nur optisch unterscheidbar, bald völlig homogen miteinander verschmelzen, ist leicht zu begreifen, so dafs sogar die doppelte Natur erst künstlich bewiesen werden mufste. Verschmelzen ja doch auch die secundären Schichten einer und derselben Zelle (und zwar ohne allen Kitt) miteinander. Ich habe die Frage über die Verschmelzung der benachbarten Zellen in meiner Schrift (S. 94) ausführlich behandelt und nachgewiesen, dafs solche Scheidewände zwischen je zwei Zellen von einer wahrnehmbaren Dicke, welche gewöhnlich als die Verbindung der zwei benachbarten Membranen aufgefafst, von Schacht aber als Intercellularsubstanz betrachtet werden, wenigstens sehr häufig zum

gröſsten Theil durch secundäre Verdickung entstanden sind, während die doppelte primäre Schicht nur als eine scharfe Trennungslinie erscheint, wie dieſs besonders aus den Poren, welche zwischen je zwei Zellen oft nur durch diese zarten Linien getrennt werden, hervorgeht (z. B. *Zea Maïs*, *Helleborus foetidus* etc.). Wie Schacht wohl das Vorkommen dieser scharfen Linien, durch welche die von ihm wegen ihrer Unlöslichkeit in Schwefelsäure als Intercellularsubstanz, von mir aber wie von Anderen als Zellenwand aufgefaſste Schicht in zwei Platten getheilt wird, erklären mag, wenn er sich durch eine genauere Untersuchung von dieser Erscheinung überzeugen sollte? *)

Die Algen habe ich in Beziehung auf Intercellularsubstanz vielfach untersucht, aber nichts gefunden, was mich zur Annahme einer solchen Substanz veranlaſste; bei den Fucoideen glaubte ich mich auf die genaueren Darstellungen von Kützing, wonach die gewöhnlich als reichliche Intercellularsubstanz aufgefaſsten Massen zwischen den Zellenhöhlen innerhalb der eigentlichen Zellenumriſse liegen, berufen zu können. Durch Schacht's nähere Angaben veranlaſst, habe ich später besonders *Fucus serratus* genau untersucht, ohne jedoch zu einem für ihn günstigen Resultat zu gelangen. Ich finde den inneren Bau des Stengels dieser Pflanze, selbst was Gestalt und Anordnung der Zellen betrifft, so gänzlich abweichend von Schacht's Darstellung, daſs ich vermuthen muſs, wir haben verschiedene Pflanzenarten vor Augen gehabt.

In der Peripherie des Stengels liegen einige Lagen von niedrigen Zellen (*a*), welche in Längsreihen übereinander stehen und weder auf dem Querschnitt (Tab. III, 30) noch Längsschnitt (Tab. III. 31) eine Andeutung von Intercellularsubstanz zwischen sich zeigen; dann folgen nach Innen etwa zwei Schichten solcher Zellen, welche weiter und mehr in die Länge gestreckt und auf dem Querschnitt von mehr oder weniger wellenförmigem Umriſs sind (*b*); deren Wände haben einen geschichteten Bau und eine ungleiche Dicke. Zwischen denselben liegt eine bei einigermaſsen dicken Schnitten glasartig homogen erscheinende Masse, scheinbar Intercellularsubstanz. Bei hinreichend zarten Durchschnitten und genauer Beobachtung aber laufen durch dieselbe zarte scharfe Linien, welche ein continuierliches polyedrisches Netz bilden, und offenbar die ursprünglichen Zellenumriſse sind. Zuweilen weichen diese Linien an der Berührungsstelle je dreier Zellen etwas aus

*) Ich verweise hier namentlich auf meine Darstellung von *Nerium Oleander*, Fig. 87.

einander und bilden kleine dreieckige Intercellulargänge. Hier und da stofsen Porenkanäle aus zwei benachbarten Zellen auf einander, die scheinbare Intercellularsubstanz durchsetzend und nur durch eine kaum sichtbare Linie getrennt; wo ist hier Intercellularsubstanz? Diese wie alle übrigen Zellen des Gewebes sind mit einer braunen körnigen Masse erfüllt. Zuweilen liegen in einer Zelle zwei Tochterzellen nebeneinander. — Das innerste Gewebe (*c*) besteht, wie auf dem Längsschnitt zu sehen ist, aus viel engeren fadenförmigen Zellen von einem krummlinigen Verlauf, so dafs sie sich abwechselnd berühren und auseinanderweichen und an diesen Stellen eine reichliche glasartige „Intercellularsubstanz" zwischen sich haben. Auf dem Querschnitt erscheinen sie als dickwandige scharf begrenzte Ringe, welche theils nahe nebeneinander liegen, theils durch eine grofse Zwischensubstanz getrennt sind. Bei genauer Betrachtung zarter Schnitte zeigt aber auch diese Substanz eine bestimmte Structur; jeder Ring ist nämlich von einer zartumgrenzten Verdickungsschicht umgeben, welche aber an manchen Stellen überwiegend stark wird. Es bleibt zwischen diesen zarten offenbar die eigentlichen Zellengrenzen darstellenden Linien nichts übrig, was für Intercellularsubstanz gehalten werden könnte. — Durch chemische Reagentien wird diese Bedeutung der Structur noch unzweifelhafter. Durch Behandlung mit Jod wird gerade die glasartige Masse intensiv blau gefärbt, es bedarf nicht einmal des Zusatzes von Schwefelsäure, — zum Beweis, dafs es nicht nur Zellstoff, sondern eine sehr lockere Modification desselben ist; und so ist nach Schacht's eigenem Kriterium die Erklärung derselben als Intercellularsubstanz widerlegt. Die inneren Schichten dieser Zellen (die scheinbaren Ringe) widerstehen der Einwirkung dieser Reagentien viel mehr (was eine von der gewöhnlichen, von Innen nach Aufsen fortschreitenden Metamorphose der Zellenwand abweichende Erscheinung ist). Die zarten Grenzen innerhalb der blau gefärbten Masse, die primären Zellenwände, sind zu dünn, um ihre Farbe deutlich erkennen zu lafsen; wie es scheint, bleiben sie ungefärbt. Schacht's Darstellung *) der Intercellularsubstanz dieser Pflanze als eine braune Masse, sowie seine Angabe, dafs die Zellen oft von einem braunen Saum umgeben seien, sind unrichtig, wovon sich Jeder auf den ersten Blick überzeugen kann. — Durch concentrierte Schwefelsäure lösen sich zuweilen die Zellen auseinander (im Widerspruch gegen Schacht's charakteristisches Merkmal für die Intercellularsubstanz), während diefs gerade beim

*) A. a. O. S. 18. 156. Tab. IV. Fig. 1. 2.

Kochen mit Aetzkali nicht der Fall ist; vielmehr quellen hierbei die Zellen nur auf, so dafs die Höhle verengert wird.

Auch das Laub von *Fucus serratus* zeigt besonders in dem mittleren Gewebe eine reichliche, anscheinend homogene Substanz, welche sich aber in lauter secundäre Verdickungsmassen zerlegt so dafs die primären Wände unmittelbar aneinander stofsen. Auch wird diese dicke Schicht durch Jod blau. So zeigt es sich auf dem Längs- (Tab. III, 37) und Querschnitt (Tab. III, 36).

Bei *Laminaria saccharina* ist noch weit weniger Veranlafsung, an eine Intercellularsubstanz zu denken. Die Zellen im Gewebe der Wurzel greifen mit ihren verdickten und scharf begrenzten wellenförmig gebogenen Wänden unmittelbar ineinander.

Im Cambium der höheren Gewächse sind die radialen Reihen der zukünftigen Holzzellen durch eine auf den ersten Blick homogen erscheinende Substanz getrennt, welche man sehr geeignet fand, die beliebte Ansicht von der Intercellularsubstanz zu unterstützen. Eine Hauptfrage ist die, was aus derselben wird, wenn die Cambiumzellen sich in Holzzellen verwandeln, indem zwischen den letzteren jene Substanz in keiner wahrnehmbaren, jedenfalls nicht in der beträchtlichen Dicke vorhanden ist wie im Cambium. Ich habe diefs dadurch zu erklären gesucht, dafs diese Substanz ihrer Masse nach durch partielle Verdickung der radialen Zellenwände, und ihrer homogenen Beschaffenheit nach durch verhältnismäfsig innige Verschmelzung der benachbarten Wände sowie ihrer secundären Schichten entstanden sei, und dafs das Verschwinden derselben zwischen den Holzzellen auf einer chemischen Metamorphose der Zellenwände beruhe, in Folge deren die ursprünglichen Umrifse deutlicher zum Vorschein kommen. Es fehlt meiner Erklärung nicht an Unterstützung durch bestimmte Beobachtungen über die Structur; namentlich steht die optische und chemische Differenz zwischen der fraglichen Substanz und den inneren Schichten der Zelle um so weniger im Widerspruch mit einer ursprünglichen Identität, als diese Differenz gegen die ungleich bedeutendere Modification, welche jene Substanz sowie die unzweifelhafte Zellenwand bei der Verholzung erfährt, kaum in Betracht kommt. Schacht sucht seine, bei der schwierigen Forderung, die Verminderung (resp. Verschwinden) der fraglichen Substanz beim Uebergang des Cambiums in die Holzzellen zu erklären, offenbar ins Gedränge kommende Theorie von der Intercellularsubstanz zu retten durch die aus der Luft gegriffene Hypothese einer allmälichen Verdichtung dieser Substanz, — eine Hypothese, für welche er keinen anderen Beweis anzuführen vermag als den, „dafs geringe

Modificationen im optischen und chemischen Verhalten diese Ansicht zu bestätigen scheinen." —

Ueber die Verbindungsweise der Holzzellen finde ich meine früher ausgesprochene Ansicht, so oft und an welcher Holzart ich die Beobachtung wiederholen mag, immer von Neuem bestätigt. Sich von der Gegenwart von dreieckigen Massen zwischen den Holzzellen zu überzeugen, wie sie Schacht beschreibt und bei *Pinus silvestris* sehr wenig genau abbildet, ist bei oberflächlicher Betrachtung freilich sehr leicht; wenn man aber durch sehr dünne Querschnitte und genaue Einstellung jede Täuschung, namentlich das etwaige Durchscheinen einer tieferliegenden Zelle vermeidet und einigermaſsen scharf zusieht, so löst sich die dreieckige Masse auf in drei unter scharfen Winkeln zusammenstoſsende Linien oder Schichten, welche sich als ein continuierliches Netz von sechseckigen Maschen durch die Substanz des Holzes hindurch ziehen, und welche ich in der genannten Schrift als die primäre Membran nachgewiesen zu haben glaube, während die die Maschen zum Theil ausfüllende mehr oder weniger geschichtete Substanz die secundären Verdickungsschichten bildet. Ich muſs hier nochmals auf jene Darstellung sowie auf eine von Schacht, wie es scheint, unbeachtet gebliebene Notiz in der bot. Zeit. 1851 S. 597 verweisen, indem ich hier zur Begründung des am letzteren Orte Gesagten einige Abbildungen hinzufüge. Tab. III, 32 ist eine durch Kochen mit Salpetersäure aus dem Holz von *Buxus sempervirens* isolierte Holzzelle mit stark verdickter durch spiralige Unterbrechung gezeichneter Wand. Bei stärkerer Vergröſserung (Fig. 33) erkennt man, daſs die Isolierung nicht Folge von der Auflösung, sondern von der Spaltung der zwei benachbarte Zellen verbindenden scheinbar einfachen Membran beruht, indem die getrennte Zelle jetzt noch mit einer wahrnehmbar dicken Schicht rings umgeben ist, welche durch gröſsere Durchsichtigkeit und einen röthlichen Schein in der Peripherie wie in der spiraligen Unterbrechungslinie gegen die weiſse und mehr undurchsichtige secundäre Verdickungsschicht absticht und sich unzweifelhaft als die echte primäre Zellenwand ergibt. Dasselbe zeigt sich auf dem ebenso behandelten Querschnitt (Fig. 34), wo die Zellen zum Theil noch verschmolzen, zum Theil durch Trennung der primären Membranen voneinander gesondert sind. Namentlich stelle ich auch bei *Pinus silvestris* die von Schacht angegebene Intercellularsubstanz in Abrede und halte seiner etwas oberflächlichen Abbildung *) eine Darstellung (Tab.

*) A. a. O. Tab. XII, 2 B.

III, 35) entgegen, welche sich jedoch, wie gesagt, nur bei genauer Beobachtung bewähren wird. Die secundären Schichten bestehen aus einer dünnen, nicht immer von der primären Wand unterscheidbaren (*b*) und einer dicken inneren Schicht (*c*). Durch Kochen mit Kalilauge wird das auch von Schacht angegebene die Holzzellen umgebende durchsichtigere Netzwerk keineswegs, wie Schacht angiebt, entfernt, sondern nur wie die ganze Zelle gelb gefärbt; durch Kochen mit Salpetersäure quellen die secundären Schichten stark oder lösen sich zuletzt auf, während das weifse zusammenhängende Netz unverändert bleibt, oder am Ende ebenfalls, jedoch immer später und schwieriger als die secundären Schichten aufgelöst, nicht aber in der Art wie nach Schacht's Darstellung formlos wird.

Ueber die Bedeutung der Cuticula habe ich meiner früheren Darstellung nichts Wesentliches hinzuzufügen. Ich habe dort dasjenige, was man bis dahin fast allgemein als eigenes Structurelement ansah, dadurch auf die Zellenwand zurückgeführt, dafs ich nachwies, wie die der Cuticula den Schein eines eigenen Organs verleihenden Erscheinungen: das chemische Verhalten, die Homogenität und die Masse selbst nur secundäre Bedeutung haben und der Zellenmembran als solcher bereits zukommen, — und dadurch dafs ich in einer Menge von einzelnen Fällen aus der Structur sowie aus der Entwickelungsgeschichte erklärte, dafs die fragliche Schicht innerhalb des wahrnehmbaren Umrifses der Epidermiszellen fällt. Seitdem scheint man denn auch immer allgemeiner sich für diese Ansicht entschieden zu haben, und nur in Betreff der äufsersten, meistens sehr dünnen, durch Farbe, chemisches Verhalten und zum Theil vollkommene Structurlosigkeit von der übrigen Cuticula verschiedenen Schicht ist man geneigt geblieben, an der alten Absonderungstheorie fest zu halten, obgleich ich in einzelnen Fällen die ursprüngliche Identität (chemisch und anatomisch) dieser Schicht mit der primären Zellenwand direct durch die Structur und durch die Entwickelungsgeschichte (z. B. an den Moosblättern), für die anderen durch Analogie mit den unzweifelhaften Fällen nachgewiesen habe; — während man auf der anderen Seite für den Ursprung dieser Schicht durch Secretion bisher keinen einzigen positiven Beweis zu liefern versucht hat. Schacht, obgleich den gröfseren Antheil, welchen die Zellenwand an demjenigen, was man Cuticula nennt, nimmt, anerkennend, glaubt jedoch einen wesentlichen Unterschied zwischen diesen Verdickungsschichten und einer „wirklichen Cuticula" festhalten zu müfsen, — ein Unterschied, welcher ihm indes unter seinen eigenen Händen zergeht. Das

Charakteristische der „wirklichen Cuticula", nämlich ihre Absonderungsnatur, spricht er auf schwankende Weise bald sehr entschieden und allgemein, bald nur als wahrscheinlich aus. Nachgewiesen wird von ihm nur ein chemischer Unterschied (Auflöslichkeit der wirklichen Cuticula in Aetzkali, Unlöslichkeit in Schwefelsäure, Nichtblaufärbung durch Jod und Schwefelsäure), welcher bei Vergleichung seiner eigenen Angaben selbst wieder nur als relativ erscheint, jedenfalls aber keinen Schlufs auf den Ursprung der Schicht begründen kann. Gegen concentrierte Säure und Kalilauge verhält sich die Pflanzensubstanz ziemlich gleich, sie wird leichter oder schwerer dadurch aufgelöst, je nach der relativen Dauerhaftigkeit. Auch der Mangel an Porenkanälen ist eine relative Eigenschaft und berechtigt zu keiner derartigen Unterscheidung, denn auch die primäre Zellenwand hat keine Poren. Trotz dieses Mangels an positiver Nachweisung macht Schacht die Existenz einer wirklichen Cuticula entschieden geltend, und tritt wiederholt meiner Erklärung entgegen, während er nicht einmal eine negative Begründung versucht, und auf meine Beweisführung oder auf specielle Angaben nicht im Geringsten eingeht. Schacht pflegt mehr zu behaupten als zu beweisen, seine Darstellung geht über den Punkt, warum es sich handelt, hinweg. Mit leicht hingeworfenen Urtheilen ist's nicht gethan. Meine Abbildungen sind ihm nicht hinreichend genau und sorgfältig genug ausgeführt. Freilich habe ich mir mehr die einfache Manier von Mohl's betreffenden Abbildungen zum Vorbild genommen und vor Allem das Wesentliche und diefs möglichst scharf und genau darzustellen gesucht. Mit Linien ist in dieser Sache mehr gedient als mit Farben und Schattierungen*). Eher könnte mir Schacht vorwerfen, dafs meine Abbildungen zu schematisch, zu sehr das Gepräge meiner Theorie tragend, deshalb zu genau seien; in dieser Beziehung wäre es zu beweisen oder abzuwarten, ob sich die dargestellten Verhältnisse bewähren oder nicht. Auch durch die Bemerkung, meine Schnitte seien zu wenig zart gewesen, geschieht nichts zur Widerlegung meiner Ansicht, zumal Schacht sich auf etwaige Differenzen in einzelnen Beobachtungen nicht einläfst. Da ich in Beziehung auf Intercellularsubstanz und Cuticula mehr gesehen zu haben angebe als Schacht, nämlich die Entstehung der mit diesen Namen bezeichneten Massen

*) Man vergleiche in Beziehung auf Schärfe (vom malerischen Effect absehend) mit Schacht's Figuren die meinigen, insbesondere die einander entsprechenden von

Phormium tenax	Schacht's Tab. X. Fig. 8.	W. Fig. 69 — 71.
Cycas	„ „ 13. 14.	W. „ 45.
Helleborus foetidus	„ „ 17.	W. „ 89.

innerhalb der Zellen, so sind nur zwei Fälle möglich: entweder habe ich zu viel gesehen, oder Schacht zu wenig; und da es hier hauptsächlich auf Zartheit der Präparate ankommt, so mufs ich meinerseits annehmen, Schacht's Präparate seien nicht hinreichend gut gewesen, und überlafse es ihm, seinerseits zu behaupten, ich habe aus Vorliebe für meine Ansicht zu viel dargestellt. Jede andere Behauptung hat keinen Sinn. — Wie schlecht Schacht die Arbeiten Anderer ansieht und wie leicht darüber spricht, sieht man unter Anderem an der Behauptung (S. 101), „ich habe bei *Viscum* wie überall die aus reinem Zellstoff bestehende Innenumkleidung der Oberhautzellen übersehen". Ein Blick auf meine Abbildungen genügt, um das Unrichtige dieser Aeufserung zu beweisen.

Wenn die Existenz einer plastischen Substanz aufserhalb der ursprünglichen Umkleidung der Zelle nicht auf befsere Weise vertheidigt werden könnte, als es von Schacht geschehen ist, so wäre diefs Beweis genug, dafs wir es hier mit einer vom Schauplatz abtretenden Theorie zu thun haben.

Erklärung der Abbildungen.

Tab. III.

29. Blattgewebe von *Radula complanata*, mit concentrierter Kalilauge gekocht.

30. *Fucus serratus*, Längsschnitt durch den Stengel; *a* und *b* peripherische Schicht, *c* centrales Gewebe; *i i* = Intercellularsubstanz. — 31. Dasselbe auf dem Querschnitt.

32 — 34. *Buxus sempervirens*. 32. Eine durch Kochen des Holzes mit Salpetersäure isolierte Holzzelle; — 33. Ein Stück derselben vergröfsert; — 34. Holzzellen auf dem Querschnitt ebenso behandelt; die primären Membranen der mit einander verwachsenen benachbarten Zellen gröstentheils in ihre beiden Schichten gespalten; die dicke secundäre Schicht stark aufgequollen; zuweilen ist die letztere ganz entfernt, die primäre Membran unverändert (bei *o*).

35. Holzzellen von *Pinus silvestris* auf dem Querschnitt. *a* die gleichmäfsig dick und scheinbar einfach ein continuierliches Netz bildende weifse primäre Zellenmembran; *b* die äufsere Schicht der secundären Verdickung; *c* die innere dicke Schicht der letzteren.

36. Querschnitt durch das Laub von *Fucus serratus*; Zellen nach der Peripherie hin weniger verdickt, dadurch die Zellenhöhlen mehr genähert; in der Mitte mehr verdickt, daher die Zellenhöhlen durch eine scheinbare Intercellularsubstanz getrennt. — 37. Längsschnitt.

IV.

Beiträge zur Morphologie der Grasblüthe aus der Entwickelungsgeschichte.

Die Bedeutung, welche der Familie der Gräser durch die Zahl ihrer Formen sowohl als ihrer Individuen innerhalb des Pflanzenreichs zukommt, sowie der eigenthümliche Bau ihrer Blüthe haben das Interesse der Botaniker in neuerer Zeit in höherem Grade als andere Familien auf die Untersuchung des morphologischen Gesetzes, nach welchem diese Blüthe aus den Grundorganen der Pflanze construiert ist, gelenkt; und so ist die Grasblüthe vor allen anderen zu einem Tummelplatz der zahlreichsten Erklärungsversuche geworden, welche jedoch, weit entfernt zu einer allgemein anerkannten Ansicht geführt zu haben, sich vielmehr untereinander auf die allerverschiedenste Art durchkreuzen, so dafs kaum mehr als zwei unter den Grasschriftstellern in allen Punkten übereinstimmen, und unter den Organen der Blüthe kaum ein einziges ist, in welchem eine allgemeine Uebereinstimmung der Ansichten bestände. Es kann daher bedenklich erscheinen, mit einem neuen derartigen Versuche aufzutreten, welcher zunächst nur dazu dienen kann, die Verwirrung der Ansichten zu vermehren. Gleichwohl darf ich die Hoffnung hegen, durch meinen Versuch etwas zur Aufklärung und endlichen Entscheidung der Frage beizutragen, im Bewufstsein, dafs wenigstens der Weg, welchen ich, und zwar in umfafsenderer Weise als bisher geschehen, bei meiner Untersuchung eingeschlagen habe, derjenige ist, auf welchem allein eine sichere und richtige Lösung der Aufgabe herbeigeführt werden kann.

Folgendes ist die Literatur über diesen Gegenstand, soweit sie mir bekannt geworden ist *).

Robert Brown, Vermischte Schriften, übersetzt von N. v. Esenbeck. I. S. 107 ff.

Turpin, Mémoire sur l'inflorescence des Cyperacées et Graminées, in Mémoires du muséum d'hist. nat. 1819. T. N. p. 429.

*) Die mit * bezeichneten Schriftsteller sind mir nur durch den Bericht Anderer bekannt.

*Trinius, Fundamentum agrostographiae, 1820. — Dissertatio de Graminibus unifloris et sesquifloris, 1824.

Link, Element. philos. bot., 1824. p. 259. — Abhandlung. der Berl. Akademie, 1825. S. 30.

*De Candolle, Organographie végét. I. p. 446, 504.

Nees v. Esenbeck, R. Brown's vermischte Schriften, I. S. 112. — Linnaea V. (1830) S. 680.

Cruse, Ueber den Blüthenbau der Gramineen, Linnaea V. S. 319 ff.

*Raspail, Ann. des sc. nat. IV. p. 271, 422. V. p. 287, 433.

Kunth, Agrostographia 1833. I. p. 3. — Lehrbuch der Botanik.

Petermann, De flore gramineo. 1835.

Döll, Rheinische Flora.

Schleiden, N. A. Ac. C. L. T. XIX. P. 1. Tab. III. Fig. 1—17. — Wiegmann's Archiv 1837. Beiträge zur Botanik, S. 92 u. 99. — Grundz. der Bot. Ed. II. B. I. S. 138. B. II. 225, 232, 257 Anm., 274, 310, 579. Tab. II. Fig. 21 — 23.

Endlicher, Genera plantarum, p. 77.

Röper, Zur Flora Meklenburgs II. 1844. S. 1—158.

Nägeli, Zeitschrift für wiſsenschaftl. Bot. III. IV. S. 257 ff.

*Hochstetter, Aufbau der Graspflanze, in den Würtemberg. naturwiſsenschaftlichen Heften. 1847. I. S. 1.

Wigand, Grundlegung der Pflanzenteratologie. 1850. S. 123.

Braun, Die Erscheinung der Verjüngung in der Natur, S. 97.

C. Koch, Linnaea. XXI. S. 365.

Payer, Organogénie végétale. Famille des Graminées et des Cypéracées. In Comptes rendus XXXVII. p. 630.

I. Vom allgemeinen Blüthenstand der Gräser.

Der einjährige, sei es aus dem Samen oder, bei perennierenden Gräsern, aus dem Rhizom seitlich entspringende aufstrebende Halm wird stets durch einen gipfelständigen Blüthenstand bebegrenzt; nur bei *Zea Maïs* entspringt die weibliche Aehre seitlich aus den Winkeln des zweiten, dritten und vierten Laubblattes, während die oberen Blätter leer bleiben. Stets sind bei diesem Gras die beiden Geschlechter so angeordnet, dafs der männliche Blüthenstand den Gipfel bildet, die weiblichen Aehren aber als Seitentriebe aus den Achseln der Blätter auftreten. Auch wenn eine junge Mais-Pflanze aus dem Winkel des untersten oder eines der untersten Blätter einen mit einem Scheidenblatt und einigen Laubblättern versehenen Sprofs treibt, so verhält sich dieser in Beziehung auf das Geschlecht gerade so wie der Hauptstengel, indem aus den Winkeln seiner Laubblätter kleine weibliche, an dem Gipfel aber eine männliche Aehre entspringt.

Was die Art und Weise betrifft, wie sich die Inflorescenz an die vegetative Sphäre des blühenden Grashalms anschliefst, d. h. die Modificationen, welche die Pflanze beim Uebergang in die Region der Blüthe und innerhalb derselben erfährt, so äufsert sich diese Metamorphose

1. in der Axe,

und wir bemerken zunächst, dafs die dem Blüthenstand vorangehende Zahl der Laubinternodien bei jeder Species zwar nicht constant ist, aber doch sich in gewissen Grenzen zu bewegen scheint; so sind es durchschnittlich bei *Poa annua* sechs, bei *Zea Maïs* zwölf Laubblätter am blühenden Halm bis zur Inflorescenz.

Die Internodien zwischen den Laubblättern werden, so viel ich weiſs, allgemein gestreckt, darauf folgen einige Glieder an der Basis der Inflorescenz, welche verkürzt bleiben. Die Hauptaxe des Blüthenstandes bleibt entweder zwischen der Verzweigung gänzlich unentwickelt (z. B. *Andropogon*), — oder sie erreicht durch die groſse Anzahl der verkürzten Stengelglieder dennoch eine gewisse Länge bei den echt oder scheinbar ährenförmigen Blüthenständen, z. B. *Phleum*, *Glyceria*, *Zea*, — oder die Internodien der Hauptspindel sind beträchtlich entwickelt (die unteren oder die mittleren am stärksten) bei den echten Rispengräsern, z. B. *Poa*, *Avena*.

Ein neues Verhältnis tritt in der Blüthenregion zum Unterschied der Laubregion auf durch die Verzweigung der Axe. Und zwar trägt die Hauptspindel unmittelbar die Aehrchen (echte Grasähre z. B. *Zea* ♀, *Glyceria*, *Lolium*), — oder sie trägt einmal oder wiederholt verzweigte Zweige, deren Axen verkürzt bleiben (scheinbare Aehre, z. B. *Hordeum*, *Phleum*, *Alopecurus*), — oder die secundären Axen verlängern sich und stellen echte Aehren dar (*Zea* ♂, verästelte Form von *Lolium* etc.), — oder verlängerte und wiederholt verästelte Zweige (Rispe, z. B. *Poa*, *Avena*). — In den meisten Fällen endigen die Axen in Aehrchen.

2. Metamorphose des Blattes.

Das Laubblatt der Gräser geht im Blüthenstand in die Formation des Hochblattes über, und zwar verschwindet bereits an den Blättern, welche von den oben erwähnten unentwickelten, die Basis der Hauptspindel bildenden Stengelgliedern getragen werden, die Spreite, und sie erscheinen theils auf einige mehr oder weniger kurze Scheiden, theils auf bloſse halbringförmige Wälle reduciert. Die untersten dieser Scheiden sind zum Theil so lang, daſs sie in einem gewissen Stadium den ganzen jungen Blüthenstand einhüllen, z. B. *Poa*, und bei dem weiblichen Kolben von *Zea Maïs* ist das unterste Blatt in eigenthümlicher Form als *Spatha* entwickelt und umschlieſst selbst noch den ausgebildeten Kolben. Innerhalb des Blüthenstandes, sowohl an der Hauptaxe als an den Zweigen fehlen weder die Deckblätter, noch sind sie, wie Manche annehmen, in der Folge abgefallen, sondern bei genauer Betrachtung selbst im ausgebildeten Zustand meistens als feine fast ringsherumlaufende Leisten zu erkennen, an deren Mitte man sogar oft das Blatt selbst als kleines Spitzchen angedeutet findet. Deutlicher ist ihre Gegenwart, ebenso wie in dem Blüthenstand der Cruciferen, in dem Jugendzustand der Inflorescenz wahrzunehmen, indem an dem Anfangs ganz nackten kegelförmigen Zapfen, in wel-

cher Gestalt die letztere zuerst erscheint, jene halbringförmigen Wülste auftreten, ehe noch die Seitenzweige, deren Basis sie in der Folge umgeben, vorhanden sind. Die Blattbildung beginnt nicht mit einer einzelnen Zelle, sondern durch eine gleichzeitige Zellenvermehrung fast im ganzen Umfang der jungen Axe, und zwar durch Theilung der Zellen nach anderen Richtungen als in der Axe; während die Zellen der letzteren genau in Längsreihen übereinander liegen, zeigt die sich bildende ringförmige Anschwellung des Gewebes eine polyedrische Form und Anordnung der (kleineren) Zellen. Ich beobachtete diefs bei *Poa annua* (Tab. IV, 3), *Glyceria fluitans* (Tab. IV, 37), *Zea Maïs*.

3. Stellungsverhältnisse.

Die Blätter stehen stets nach $^1/_2$ alternierend, wie man an sehr jugendlichen Zuständen noch deutlicher sieht als bei entwickelten, und zwar bleibt dieses Verhältnis durch die ganze Inflorescenz hindurch herrschend, so dafs auch die unterste *gluma* des Aehrchens genau mit dem nächst vorhergehenden Deckblatt alterniert. Ebenso verhalten sich auch die Zweige; denn während einige (bei *Alopecurus genic.* 5—6, *Phalaris paradoxa* 6—8) der untersten jener scheidenartigen oder ringförmigen Blattrudimente an der Basis der Hauptspindel leer bleiben, entspringt in jedem folgenden ein, und zwar nur ein Zweig; die angeblich gepaarten oder halbquirlständigen Aeste bei den Rispengräsern (z. B. *Poa*, *Bromus*) erscheinen so, weil die untersten secundären Zweige an je einem primären Zweig sehr nahe an der Hauptspindel entspringen, d. h. weil die untersten Internodien der Hauptrispenäste sich nicht wie die übrigen in die Länge strecken. Das wahre Verhältnis ist schon an der fertigen Rispe zu erkennen, noch unzweifelhafter aber in jenen früheren Stadien, wo an dem bereits vorhandenen primären Zweig der scheinbar nebengeordnete erst nachher oberhalb eines an dem ersteren auftretenden Ringwulstes entspringende secundäre Zweig sichtbar wird. Mit der bekannten Erscheinung *), dafs die Grasblätter je eine Hebungsseite (bestimmt durch denjenigen Rand des Scheidentheils, welcher den anderen deckt) und eine Senkungsseite (die gedeckte) unterscheiden lafsen, und dafs die Hebungsseite bei je zwei aufeinanderfolgenden Blättern wechselt, wonach die Hebungsseiten sämmtlicher Blätter nach einer und derselben Seite der Axe hin fallen, — hängt auch die Stellung der secundären Zweige zusammen, indem allemal der unterste secundäre Zweig

*) A. Braun in N. A. Ac. C. L. XV, 1. p. 385.

nach der Hebungsseite des betreffenden Deckblattes an der Hauptspindel zu an dem primären Zweig entspringt. Daher sind sämmtliche secundäre Zweige nach einer Seite der Hauptspindel gerichtet, und der Blüthenstand erhält dadurch in seinem frühesten Zustand eine platte symmetrische Form, nämlich mit einer flachen Rückenseite und einer vorderen Seite, auf welcher man gleichsam vier Längsreihen von Zweigrudimenten nebeneinander sieht. Eine Ausnahme der zweizeiligen Stellung der Seitenbildungen habe ich nur bei *Zea Maïs* gefunden, wo sowohl an der weiblichen Aehre (Tab. V, 21) als an der primären Aehre des männlichen Blüthenstandes (Tab. V, 20) die Aehrchen in vier rings um die Spindel gleichmäſsig vertheilten Längsreihen stehen, und zwar sämmtlich aus der Hauptspindel selbst entspringen, — wogegen die secundären kleineren Aehrchen, welche aus dem unteren Theil der mittleren entspringen und im Kreis um dieselbe herumstehen, die oben beschriebene symmetrische Form haben und ihre flache Rückenseite der Hauptaxe zukehren.

Auch bei *Hordeum*, wo scheinbar drei Aehrchen nebeneinander an der Spindel entspringen, gehören dieselben einem einzigen verkürzten Zweig an, dessen Spitze das mittlere Aehrchen trägt, während die beiden anderen links und rechts seitlich und etwas tiefer scheinbar unter sich auf gleicher Höhe entspringen (Tab. V, 16).

4. Entwickelungsgang des Blüthenstandes.

Die erste Anlage desselben wird an dem Ende der Graspflanze nach Entfernung der das Axenende einhüllenden Blätter bereits sichtbar, wenn an dem jungen Grashalm zwar sämmtliche Blätter angelegt und zum Theil vollständig ausgebildet sind, die Axe selbst aber noch in einem sehr verkürzten Zustand ist; und dieser bleibt auch noch lange Zeit während sich der Blüthenstand ausbildet; z. B. an einer Maispflanze, wo die männliche Inflorescenz 1 1/2''', der weibliche Kolben, welcher überhaupt später zur Entwickelung gelangt, nur 1/7''' lang war, und wo die Blätter bereits 8'' hoch emporragten, war die Axe selbst nur wenige Linien lang; an einem anderen Exemplar hatte der Stengel noch die Länge von 2'', während die männliche Rispe bereits 1'' lang entwickelt war. Erst später erlangen die Internodien ihr bestimmtes Maaſs der Ausdehnung, und alsdann tritt auch der fast vollkommen entwickelte Blüthenstand aus der Umhüllung der oberen Blätter heraus.

Bei dem ersten Auftreten erscheint der Blüthenstand als ein nacktes, spitz kegelförmiges Axenende, während der seitenständige männliche Kolben von *Zea* bei einer Gröſse von 1/7''' einen rund-

lichen Hügel darstellt, welcher, an der Basis ein erstes Blatt tragend, von demselben überragt und in dessen kapuzenartiger Höhlung zum Theil eingeschlossen wird. An dem genannten gipfelständigen Kegel treten nun von unten nach oben zuerst die oben erwähnten halbringförmigen Rudimente von Deckblättern auf, alsdann oberhalb eines jeden ein rundlicher Zellenhügel, welcher alsbald ebenfalls Blattanfänge zeigt und sich je nach der Gattung entweder als Aehrchen ausbildet oder erst ein oder mehrere Mal aus den Achseln jener Blattanfänge verzweigt und erst dann seine Enden als Aehrchen abschliefst. Diese Entwickelung schreitet von unten nach oben fort, so dafs man an einer wenige Linien langen Aehre in der Richtung von oben nach unten alle Stufen der Entwickelung von der ersten Andeutung des Deckblattes bis zur Ausbildung des Aehrchens mit seinen einzelnen Theilen nebeneinander hat. Der Blüthenstand behält in diesem Stadium noch die Kegelform und erscheint auch bei Rispengräsern als eine dicht gedrängte Aehre von plumpen abgerundeten Formen. Die Hauptspindel ist Anfangs sehr dick im Vergleich zu ihrer Länge; z. B. bei einer $1\frac{1}{2}'''$ langen Rispe von *Poa annua* verhält sich die Dicke der Spindel zur Länge wie 1 : 14, während im ausgebildeten Zustand dieses Verhältnis etwa 1 : 336 ist. Vergl. *Poa nemoralis* Tab. IV, 1. Die Spindel der männlichen Aehre von *Zea* ist im frühsten Zustand, wo aber schon die Aehrchen als Rudimente vorhanden sind, nur viermal so lang als dick (Tab. V, 20). Selbst wenn schon die Verzweigung vollendet ist, die Aehrchen und sogar die Blüthentheile angelegt sind, erscheint der ganze Blüthenstand nur etliche Linien lang, das Ganze im höchst gedrängten Zustand, die Seitenglieder fliefsen gleichsam mit der plumpen Spindel in Eins zusammen, die Internodien der Seitenaxen sind verkürzt, das Ganze besteht aus einem zarten kleinzelligen, trübe weifslichen, unterschiedlosen Gewebe, welches erst allmählich trockener und fester wird, nachdem die Axen sich gestreckt, alle Theile sich schärfer gesondert haben, und überhaupt die scharfe und feine Gliederung erfolgt ist, welche der Grasinflorescenz in so hohem Grade eigen ist.

Jene von unten nach oben fortschreitende Ausbildung des Blüthenstandes dauert jedoch nur bis zu einem gewissen Stadium, nämlich bis das Axenende als Aehrchen abgeschlossen ist; alsdann kehrt sich die Richtung um. Wenigstens gilt diefs für die von mir untersuchten Rispengräser (*Poa*, *Bromus*, *Avena*), bei denen der Blüthenstand durch ein terminales Aehrchen begrenzt ist *). Von

*) Wahrscheinlich gilt diefs allgemein für alle Gräser. Vergl. Röper, zur Flora Mecklenburgs II, S. 23.

da an schreitet die Entwickelung, nicht blofs die Entfaltung und Vergröfserung (indem die oberen Internodien länger als die unteren, die obersten Aehrchen $^3/_4'''$, die untersten nur $^1/_4'''$ lang sind), sondern auch die Neubildung der Organe von der Spitze nach unten fort. Z. B. an einer 1''' langen Rispe von *Poa annua* waren an dem Gipfelährchen bereits die Antheren mit ihrer vierkantigen Form sowie das Carpell angelegt, während die untersten Aehrchen als längliche Zapfen mit ganz schwachen Spuren der *glumae* erschienen; selbst an einer $1^1/_2''$ langen mit ihrem obersten Theil schon aus den Blättern hervorragenden Rispe zeigte sich noch dieser Unterschied in der Ausbildung, indem die obersten Blüthen bereits fertig gebildet, die untersten Rispenäste noch ganz weifs und zart und ungefähr auf der Stufe waren wie das Endährchen einer nur 1''' langen Rispe. Es erklärt sich dieses Verhalten nicht etwa aus der weiteren Verzweigung der unteren Region in Vergleich mit den oberen Aesten, indem selbst Aehrchen von dritter Generation am oberen Rispentheil weiter entwickelt sind als Aehrchen zweiter Generation am unteren *).

II. Das Aehrchen, *spicula*.

Das Aehrchen ist der Blüthenstand im engeren Sinne, entsprechend dem Köpfchen bei den Compositeen, — die Vereinigung mehrerer Blüthen unter der Form eines einheitlichen Ganzen zunächst durch Zusammenfafsung in einer eigenthümlichen Hülle (*glumae*), welche auch den einzelnstehenden Blüthen nicht fehlt.

Mit dem Aehrchen, indem wir nach dem architektonischen Plan desselben fragen, betreten wir zugleich den Boden der Controverse. Zwei Auffafsungsweisen stehen sich in diesem Punkt gegenüber. Nach der einen, welche durch die Mehrzahl der Morphologen, unter Anderen Turpin, De Candolle, Link, N. v. Esenbeck, Kunth, Röper, Mohl, Döll, A. Braun, Nägeli, Payer vertreten wird, trägt die verkürzte Spindel des Aehrchens eine Anzahl zweizeilig gestellter genäherter Blattorgane, deren (in der Regel zwei) unterste leer sind (die *glumae* oder Kelchklappen), deren obere (*palea inferior vel exterior*) in ihren Achseln je eine Blüthe

*) Nach dem Gesagten wird wohl Payer's Angabe (a. a. O.), dafs beim Reifs die Aehrchen von der Spitze zur Basis, bei *Panicum* von der Mitte nach beiden Seiten fortschreitend auftreten, zu berichtigen sein.

bergen; an der Blüthenaxe entspringt auf der der *palea inf.* ab-, der Hauptspindel zugekehrten Seite die *palea superior v. interior* und gehört demnach im Vergleich zu der *pal. inf.* einer folgenden Generation an. Von den Meisten wird sie für einfach, von Turpin und Döll aber für verwachsen aus zwei Vorblättchen gehalten.

Dieser Ansicht tritt Schleiden mit einer anderen Theorie der Grasblüthe entgegen, in welcher er an R. Brown einen Vorgänger hat, der sich aber gerade über diesen Punkt nicht entschieden erklärt hat. Hiernach gelten zwar ebenfalls die *glumae* als die untersten Deckblätter des Aehrchens, die oberen aber sind abortiert, die *palea inferior* und *superior* gehören nicht nur beide derselben, nämlich der Blüthenaxe an, sondern entspringen auch auf gleicher Höhe und bilden, da die *palea sup.* aus zwei Blättchen verwachsen ist, einen ursprünglich dreigliedrigen Wirtel, nämlich die äufsere Blüthendecke (Kelch). — Diese Ansicht, eben so sehr im Widerspruch mit der äufserlichen Erscheinung (z. B. bei *Briza*), als mit einer genauen Beobachtung des ausgebildeten Aehrchens, würde sich schwerlich geltend machen können, wenn nicht Schleiden den entscheidensten aller Beweise, die Entwickelungsgeschichte, in die Wagschale zu legen hätte. Dennoch scheint es ihm nicht gelungen, aufser C. Koch *), welcher freilich auch in der Entwickelungsgeschichte der Grasblüthe Schleiden vollkommen beistimmt, und Hochstetter **), Anhänger zu finden. Ich mufs mich, und zwar gerade durch die Untersuchung der Entwickelungsgeschichte überzeugt ***), für die erste Auffafsungsweise erklären. Meine Beobachtungen sind folgende.

1. Die *glumae*

treten an dem Hügelchen, welches die erste Anlage des Aehrchens darstellt, als halbringförmige Wälle auf, welche sich allmählich zu den Spelzen des ausgebildeten Aehrchens vergröfsern. Sie entspringen nacheinander auf verschiedener Höhe und alternieren um 180°; bei *Hordeum*, wo die beiden *glumae*, wie man schon an jugendlichen Stadien sieht (Tab. V, 16. 17), nach vorn links und rechts von der *palea inf.* gerückt sind, scheinen dieselben vollkommen in gleicher Höhe zu entspringen. Die *glumae* sind frei von

*) Linnaea XXI, S. 365.

**) Würtemberg. naturwifsenschaftl. Hefte 1847. I, S. 1 ff. Bot. Zeit. 1848. S. 583 und 781.

***) Wie auch schon Röper (Zur Fl. Meklenb. II, S 61) und Nägeli in Schleiden und Nägeli's Zeitschrift III. IV, S. 276 sich ausgesprochen haben, — vergl. auch Wigand's Pflanzenteratologie S. 123.

Axillarbildungen. Ueber ihre Bedeutung als leere Deckblätter, entsprechend dem Hüllkelch der Compositeen sind alle Schriftsteller einig. Dagegen fehlt es nicht an Erörterungen und verschiedenen Ansichten über die Natur des Gebildes, welches in ihrer Achsel fehlgeschlagen sei, ob eine einzelne Blüthe *) oder ein Blüthenstand **)? Was mich betrifft, so weifs ich nur, dafs in den Winkeln der *glumae* von ihrem ersten Auftreten bis zu ihrer Reife nichts ist, und ich halte es mindestens für überflüfsig, Untersuchungen über die Natur eines Dinges anzustellen, welches weder existiert noch existiert hat, sondern nur in abnormen Fällen und zwar alsdann bald in der einen bald in der anderen Form auftritt.

2. Die *palea inferior.*

Dafs diese, von gleicher Bedeutung wie die *glumae*, sich fast nur durch das Auftreten der Blüthe in ihren Achseln unterscheidet, dafs sie wie die *glumae* als Blattorgan der Aehrchenspindel angehört, an welcher sie ebenso wie jene zweizeilig übereinander steht und mit jenen zu einer Reihe zusammengehört, dafs die *palea inferior* nicht, nach Schleiden, an der Blüthenaxe sitzt, während das Stützblatt der Blüthe fehlschlage, — wird unzweifelhaft durch einen unbefangenen Blick auf ein ganz junges Aehrchen (*Poa nemoralis*, Tab. IV, 2, — *Glyceria fluitans*, Tab. IV, 29 *a*). Die *palea inferior* tritt auf als ein nicht die Blüthenaxe, sondern die Spindel des Aehrchens ringförmig umfafsender Wulst; sie ist bereits vorhanden, ehe noch in ihrer Achsel der zur Blüthe werdende Sprofs, geschweige die demnächst an letzterer entspringende *palea superior*, welche, nach Schleiden, mit jener zu einem Blattwirtel gehören soll, existiert. Und zwar sind diese *paleae* nebst den *glumis* die einzigen Blattorgane an der Aehrchenaxe; von Deckblättern, welche nach Schleiden abortieren, nach Koch zeitig abfallen sollen, ist durchaus nichts zu sehen. Vergl. Tab. IV, 2. 4. 14. 16. 29. 29 *a*. Tab. V, 16. 22. 25. Nur bei endständigen Blüthen (worüber unten das Nähere) gehört die *palea inf.* natürlich zur Blüthenaxe, weil diese zugleich die Axe des Aehrchens ist; aber auch da steht sie entschieden unterhalb der mit ihr coordinierten aber erst nachher entwickelten *palea superior*: *Oryza sativa* (Tab. V, 35. 38), *Alopecurus* (Tab. V, 42. 43).

Die weitere Entwickelung der *palea inf.* wird besonders durch

*) Schleiden, Grundz. Ed. II, B. II, S. 225. Nägeli, Zeitschr. für wifsensch. Bot. III. IV, S. 261—275.

**) Röper z. Fl. Meklenb. II, S. 40 ff. und 144 ff.

das Auftreten der Granne bei vielen Gräsern lehrreich für die Bildungsgeschichte der Blattorgane überhaupt.

Bei *Bromus arvensis* z. B. wird der Entwickelungsgang der Spelze durch folgende Stadien bezeichnet. 1) Die Spelze tritt auf als ein niedriger Wall ohne Spitze, die in ihrem Winkel entspringende Blüthe erscheint als rundlicher Hügel ohne Andeutung von Blüthentheilen (Tab. IV, 14). 2) Die Spelze hat sich bis $^1/_{14}$''' erhoben, — an dem Hügel sind die Staubfäden eben angelegt (dieselbe Figur). 3) An der $^1/_8$''' langen Spelze hat sich die Spitze etwas vorgezogen (Fig. 16), Staubfäden noch ohne Ausbildung. 4) Spelze $^1/_6$''' lang, die Spitze als die zukünftige Granne bereits deutlicher gegen die erstere abgesetzt. 5) Spelze $^1/_2$''', die Granne eben so lang als die Platte (Fig. 17). 6) Demnächst bekommt die Granne immer mehr das Uebergewicht über die Platte, an der Spitze der Granne beginnen sich Papillen zu bilden, die beiden Hälften der Platte strecken sich vor, so dafs in der Mitte ein tiefer und spitzer Ausschnitt entsteht, in welchem die Granne sich erhebt (Fig. 18). 7) Länge der ganzen Spelze 1''', der Ausschnitt reicht bis zur Mitte, so dafs die Granne nicht länger als letzterer ist. 8) In der Folge nimmt die Granne im Verhältnis zur Platte wieder stärker zu, so dafs sie z. B. bei einer Länge der Platte von $^4/_7$''' aus dem $^2/_7$''' tiefen Ausschnitt um $^4/_7$''' mit ihrer mit langen Papillen besetzten Spitze hervorragt (Fig. 19). 9) Bei der ausgebildeten Blüthe ist die Spelze oben häutig, und aus dem Ausschnitt entspringt eine dicke kurze hakige Granne. — Auch bei *Apera spica venti* läfst sich beobachten, wie die aus der vorgezogenen Spitze der Spelze gebildete Granne die letztere selbst frühzeitig übereilt, so dafs dieselbe noch sehr niedrig und, aus jungem, bildsamem Gewebe bestehend, noch im Wachsthum begriffen ist, während die Granne, viermal so lang, nach oben bereits und aus wafserhellen Zellen mit beginnender Papillenbildung besteht Da sich die Granne in der Folge noch bedeutend verlängert, so kann das Wachsthum nur in ihrem unteren Theil geschehen. Auch wächst die Platte der Spelze mit ihrer Spitze über den Ansetzpunkt der Granne hinaus, so dafs der letztere alsbald um ein ganzes Stück tiefer als die neue Spitze auf dem Rücken der Spelze sitzt. Später biegen sich die Ränder der Spelze einwärts und die Aufsenfläche sowie die ganze Granne ist mit stachelartigen Papillen besetzt (Tab. IV, 36). — Gleiches zeigt *Secale cereale* und *Hordeum vulgare*; die Granne bei diesem ist schon bei einer Länge von $1^1/_2$''' gegen die Spitze hin mit in (4) Längsreihen geordneten zahnartigen Vorsprüngen besetzt, kann also von da an kein Spitzen-

wachsthum mehr haben. Bei *Alopecurus geniculatus* erscheint die in der Folge mit den Rändern von unten an bis auf eine kurze Spalte verwachsende Spelze schon bei einer Breite von $^1/_5$''' an der Spitze mit einer Ausrandung, unterhalb welcher eine lange mit papillenartigen wafserhellen Zellen versehene Granne entspringt.

Wir sehen aus diesen Angaben, a) dafs die Granne später als die Spelze selbst, nämlich durch Fortbildung an deren Spitze auftritt, b) dafs das Wachsthum in der Granne rascher ist als in der eigentlichen Spelze, c) dafs, nachdem die Granne an der Spitze aufgehört hat zu wachsen (wofür die Beschaffenheit der Zellen, besonders die Papillenbildung ein sicheres Kriterium darbietet) das Wachsthum im unteren Theil, sowohl in der Spelze selbst, und zwar vorzugsweise in der Peripherie und neben dem Ursprung der Granne, als auch ganz besonders kräftig in dem unteren Theil der Granne selbst fortdauert, d) dafs die Granne, auch wo sie am Rücken der Spelze aufsitzt, die eigentliche Spitze des Blattes darstellt, welche erst durch secundäre Seitenbildung der Platte aus ihrer Lage verdrängt wird.

Für das Entwickelungsgesetz des Blattes überhaupt ergibt sich aus diesen Beobachtungen, dafs das Blatt nicht blofs an der Basis wächst und die Spitze nicht gerade den ältesten Theil desselben darstellt, dafs vielmehr eine sehr beträchtliche Weiterbildung an der Peripherie und besonders an der Spitze stattfindet. Gleichwohl würde es voreilig sein, darin einen Beweis für die Richtigkeit des von Nägeli aufgestellten Gesetzes der terminalen Blattentwickelung, zu erkennen, da es vielmehr durch die Vergleichung mit anderen Blättern sowie durch ähnliche Erscheinungen bei der Griffelbildung wahrscheinlicher wird, dafs wir es in der Grannenbildung nur mit einem secundären Wachsthumsact zu thun haben, welcher in einem secundären Vegetationspunkt an der Spitze der Platte seinen Sitz hat. — Endlich kann die gegebene Darstellung der Entwickelung begrannter Spelzen zur Widerlegung einer von R. Brown *) und Röper **) aufgestellten Ansicht dienen, wonach die Granne der Grasspelzen als verkümmerte *lamina*, die Spelze selbst aber als der Scheidentheil des Blattes gedeutet wird. Mag Schleiden's Gesetz der Blattentwickelung richtig sein oder nicht, jedenfalls erfolgt die Bildung des Blattstiels resp. Scheidentheils später als die Scheibe (ich erinnere namentlich an die nachträgliche Bildung des Filaments beim Staubfaden), nicht aber früher

---

*) Verm. Schr. I, 108.

**) A. a. O. S. 45 u. 155 ff. — Linnaea I, S. 459.

als diese, wie es doch sein müfste, wenn die Vergleichung dieser beiden Blattregionen mit der Spelze und deren Granne richtig wäre.

3. Die *palea superior* oder *spathella.*

Von diesem Organ lehrt die Entwickelungsgeschichte, d. h. die Beobachtung vom allerersten Sichtbarwerden bis zur fertigen Bildung:

1) Sie entspringt höher als die *palea inf.*; davon kann man sich freilich schon in dem ausgebildeten Zustand überzeugen; unzweifelhaft machen es aber die frühsten Jugendzustände, wo die eben entstehende *palea superior* von den Rändern der *p. inf.* umfafst wird (Tab. IV, 2. 4. 14. 16. 29. 29*a*. Tab. V, 16. 28. 29. 35—38. 42. 43).

2) Sie entsteht später als die *palea inf.* Denn sie tritt an dem anfangs ganz nackten rundlichen Hügel auf, welcher selbst erst nachträglich aus dem Winkel der vorher angelegten *p. inf.* entspringt (Tab. IV, 2. 14. 29*a*).

3) Sie gehört demnach einer anderen Axe an als die *palea inf.*

4) Die Annahme von Turpin, Döll, Schleiden und nach ihm Koch sowie von Payer, dafs die *p. sup.* aus zwei Blättchen verwachsen sei, welche sich bei den beiden Erstgenannten auf die zweikielige und zweinervige Beschaffenheit, bei Schleiden und Payer aufserdem auf die Entwickelungsgeschichte gründet, ist nicht richtig. Alle Gründe, welche Röper für den einfachen Ursprung aus der vergleichenden Betrachtung aufstellt*), können denselben mehr oder weniger wahrscheinlich machen**), — entscheidend, zumal gegenüber Schleiden's Argument, kann hier, wie überall wo es sich um das ursprüngliche Verhältnis eines Dinges handelt, nur die directe Beobachtung dieses Ursprungs, die Entwickelungsgeschichte sein. Diese zeigt nun, dafs die fragliche Spelze an der Blüthenaxe auf der der *palea inf.* entgegengesetzten, der Aehrchenaxe zugekehrten Seite, ehe noch von den Blüthenorganen irgend eine Spur wahrzunehmen ist, als ein schwach erhabener Wulst auftritt, dessen Mitte kaum höher als die beiden Schenkel ist, welche den Hügel, an

*) A. a. O. S. 83.

**) Gegenüber der Herleitung der Doppelnatur der Spelze aus ihrer zweikieligen Gestalt, mache ich auf den Umstand aufmerksam, dafs bei *Zea Maïs* das unterste Blatt je einer Axilärknospe der Stengelblätter, welches mit dem Rücken an der Hauptaxe anliegt, eben so gut zwei Nerven und zwei Kiele besitzt, wie die *palea sup.*, dafs sich deshalb der Schlufs auf den doppelten Ursprung auch auf diese vegetative Blätter erstrecken mufs, — oder umgekehrt.

welchem später die Blüthentheile entspringen, zum Theil umfafsend, nach vorn allmählich abfallen. Das anfängliche Auftreten von zwei Spitzen, hinter welchen die Spelze als einfaches Organ sich gleichsam nachschiebe, wie Röper angibt, findet nicht statt. Der Rücken ist ursprünglich gleichmäfsig gewölbt, erst später, wenn die Antheren sich breit machen, entstehen an der Spelze, dadurch dafs sie sich einerseits den Antheren dicht anlegt, theils dadurch dafs die Aehrchenaxe auf die Mittellinie der Spelze einen Druck ausübt, an dieser Stelle eine Einbiegung und links und rechts, den Staubfäden entsprechend, je eine Ausbauchung. Erst jetzt erhebt sich auch diesen Stellen entsprechend der Rand und bildet die erste Andeutung der beiden grannenartigen Spitzen an der fertigen *palea sup.* Zu gleicher Zeit verdickt sich an diesen beiden kielartigen Stellen das Gewebe etwas, Gefäfsbündel treten jedoch erst später auf *).

Ich habe diese Beobachtungen an *Secale cereale*, *Hordeum vulgare*, *Bromus arvensis*, *Apera Spica venti*, *Glyceria fluitans*, *Poa nemoralis* und *annua* gemacht. Auch bei *Alopecurus*, wo die obere Blumenspelze in der fertigen Blüthe fehlt, ist sie im Anfang z. B. in einer $^{1}/_{13}'''$ breiten Blüthe als ein halbringförmiger Wall vorhanden (Tab. V, 42. 43), der sich aber nicht weiter fortbildet. Hier haben wir ein Beispiel von Abortus im wahren Sinne.

Den Widerspruch, in welchen ich durch diese Beobachtungen mit Schleiden trete, vermag ich mir nicht ganz zu erklären. Indes mache ich doch darauf aufmerksam, dafs Schleiden seine Ansichten nirgends durch eine Darstellung der Entwickelungsgeschichte begründet hat. Zuerst **) sprach er seine Ansicht aus, ohne zu verstehen zu geben, dafs dieselbe auf bestimmten Beobachtungen beruhe, indem er hinzufügt: „auf diese Weise werden sich die anscheinend so sehr verwickelten Gräser vielleicht höchst einfach erklären lafsen.“ Die einzige Begründung besteht in einer Abbildung ***) eines nicht allzu jugendlichen Zustandes der Roggenblüthe, und es scheint mir, als ob Schleiden den von ihm †) an die Entwickelungsgeschichte gestellten Anforderungen in diesem Punkte selbst nicht genügt habe. Was diese Abbildung betrifft, so weifs ich sie nur dann mit meinen Beobachtungen in Einklang zu bringen, wenn ich sie als die Ansicht von innen, nicht, was sie

*) Dafs die *palea sup.* bei *Oryza* einen Mittelnerv und zwei Seitennerve hat, bedarf wohl keiner Bestätigung mehr.

**) Wiegmann's Archiv, 1837. B. I. — Beiträge zur Bot. S. 92.

***) N. Act. Ac. C. L. XIX, P. 1, Tab. III, Fig. 2 u. 3.

†) Grundz. d. Bot. Ed. II, B. I, S. 139.

sein soll, von aufsen betrachten und dem gemäfs die einzelnen Theile anders deuten darf. Alsdann wäre *a* die Anheftungsstelle nicht der *rachis spiculae*, sondern des vorderen Staubfadens, *b b* nicht die zwei Theile der später einfachen *palea superior* (welche niemals so erscheint), sondern die beiden *squamulae*; *c*, *d*, *d*, die angeblichen drei *squamulae* weifs ich nicht zu deuten; die Form des Pistills entspricht ebenfalls der Auffafsung der Fig. 2 als die Ansicht der Blüthe von aufsen. Umgekehrt halte ich Fig. 3 für die Innen-Ansicht, nämlich *d* für die *palea sup.*, *pc* das Carpell wie es sich stets von innen zeigt; für den Punkt *h* weifs ich jedoch keine Bedeutung. — Ebensowenig ist eine später *) gegebene Abbildung eines jugendlichen Stadiums der Blüthe von *Agrostis alba* geeignet, eine klare Vorstellung zu geben oder die Ansicht des Verfafsers zu begründen. Wenn die Darstellung richtig ist, so geht zunächst daraus die in der Figurenerklärung angegebene vollkommene Getrenntheit der *palea inf.* (*c*) und der beiden Hälften ($c' c''$) der *p. sup.* gar nicht einmal hervor, indem diese drei Theile am Grund zusammenzuhängen scheinen, — übrigens kann, wenn *c* in Fig. 23 die *palea inf.* sein soll, entweder die Darstellung nicht richtig sein, oder $c' c''$ sind wenigstens nicht die *palea sup.*, indem dieselbe niemals so auf gleicher Höhe, sondern stets von den seitlichen Rändern der *palea inf.* umfafst erscheint. Ich möchte lieber $c' c''$ für die seitlichen Schenkel der *palea inf.* halten, würde dann aber freilich die *p. sup.* vermissen. Man vergleiche hierzu die Abbildung von der unter den von mir untersuchten Gräsern wohl am meisten verwandten *Apera Spica venti* (Tab. IV, 30).

4. Die *squamulae hypogynae* RBr., *lodiculae* Palisot de Beauvais.

Dafs ich diese den Gräsern eigenthümlichen zarten Blättchen, welche links und rechts an der Basis des vorderen Staubfadens auftreten, unter den Theilen des Aehrchens neben der *palea superior* aufführe, läfst von vornherein die Bedeutung, welche ich ihnen zuschreibe, vermuthen. War es in Beziehung auf die *glumae* die allgemeine, in Beziehung auf die *paleae* die vorherrschende Ansicht, welche ich durch meine Beobachtungen über die Entwickelungsgeschichte zu bestätigen hatte, so mufs ich in diesem Punkte der fast allgemein herrschenden Ansicht entgegentreten. Denn mit Ausnahme von Kunth und Cruse sind Alle, welche über die Grasblüthe geschrieben haben, z. B. Robert Brown,

*) Grundz. d. Bot. Ed. II, B. II, Tab. II, Fig. 21—23.

Link, De Candolle, N. v. Esenbeck, Schleiden, Döll, Röper, Koch, A. Braun etc., darüber einig, dafs die *squamulae* als ein dreigliedriger Kreifs von Blättern, mithin als ein Perigon anzusehen sei, dessen drittes der *p. sup.* gegenüber liegendes Blättchen in den meisten Gräsern fehlgeschlagen sei, und Gegenstand der Untersuchung und der Meinungsverschiedenheit ist nur, ob dieser Kreifs als die einzige oder als die innere (Korolle) oder als die äufsere (Kelch) Blüthendecke (R. Brown) oder als verkappte Staubfäden (Turpin) betrachtet werden müfse.

Fragen wir nach den Gründen, worauf sich diese Erklärungsweise stützt, so finden wir, dafs es nur eine Hypothese ist, hervorgegangen aus dem Wunsch, die Gräser auf den Typus der meisten Monokotyledonen zurückzuführen und damit zugleich eine Bildung innerhalb der Blüthe unterzubringen, mit der man sonst nichts anzufangen weifs. Es ist nur eine Hypothese, denn der Punkt, worauf sich dieselbe stützt, die Anlage zu dem dritten Wirtelglied, ist selbst nur eine Hypothese, welche nichts für sich hat als die Analogie einer Anzahl von Gräsern, z. B. *Stipa*, *Bambusa* etc., bei denen eine dritte *squamula* vorhanden ist. Der Nachweis, ob dieselbe auch bei den übrigen Gräsern der ersten Anlage nach existiert, ist so wenig versucht worden, dafs Röper sogar von vornherein geradezu auf denselben verzichtet und ihn für irrelevant erklärt. Nur Schleiden sucht die Ansicht durch Beobachtung früherer Zustände der Blüthe objectiv zu begründen. Seine Mittheilungen dieser Beobachtungen beschränken sich jedoch, so viel mir bekannt ist, auf die oben erwähnten Abbildungen einer jungen Blüthe von *Secale cereale* und *Agrostis alba*, und ich kann das, was sich darin auf das innere Perigon bezieht, ebenso wenig bestätigen als seine Angaben über die *paleae*.

Noch ist ein Argument zu erwähnen, auf welches sich bei der Erklärung der *squamulae* als selbständige Blattorgane berufen wird. Es ist eine von N. v. Esenbeck beschriebene *) Misbildung von *Panicum viviparum*, in welcher neben einer Vergröfserung der *glumae* und *paleae* die *squamulae* eine abweichende Form, und besonders durch eine gröfsere Steifigkeit und das Auftreten von Nerven eine gröfsere Aehnlichkeit mit gewöhnlichen Blättern angenommen hatten. Das Ganze ist eine Art rückschreitender Metamorphose, aber ich sehe in der Annäherung der *squamulae* an die gewöhnliche Blattstructur nicht die geringste Veranlafsung, diese Organe darum für veränderte selbständige Blätter zu halten, — als ob

*) Linnaea VIII, S. 57 — 66.

nicht auch den Theilen eines Blattes, z. B. den *stipulis*, derselbe anatomische Bau wie dem Hauptblatt zukommen könne.

Eine von der eben besprochenen verschiedene Deutung der *squamulae* stellte Cruse*) auf, welcher die beiden vorderen *squamulae* für Nebenblätter hält, deren ebenfalls vor dem *Ovarium* stehendes Hauptblatt nicht entwickelt sei, während die bei *Bambusa* und *Stipa* vorkommende etwas höher als die vorderen gestellte hintere *squamula* das mit dem vorigen alternierende Hauptblatt sein soll, dessen Nebenblätter nicht entwickelt seien. — Auch Kunth **) erklärte die vorderen *squamulae* für *stipulae*, deren Hauptblatt aber die *palea superior* sei.

Diese letztere Ansicht ist es nun, welche ich durch die Untersuchung der Entwickelungsgeschichte aufs Entschiedenste bestätigen kann.

Zunächst ist der Zeitpunkt, wo die *squamulae* in der Blüthe zuerst sichtbar werden, bemerkenswerth. Es ist nämlich nicht nur die *palea superior* als ein halbringförmiger mit den Rändern nach vorn sich abdachender Wulst, sondern auch die Staubfäden bereits längst angelegt, ehe von den Schüppchen eine Spur zu sehen ist ***) (Tab. IV, 4. 14. 29 *a*), — ein Umstand, welcher sich mit der Ansicht, dafs sie im Verhältnis zu den Staubfäden einen äufseren Kreifs selbständiger Organe bilden, nicht verträgt, weil nach einem allgemeinen Gesetz der Entwickelung die Blattwirtel von unten nach oben, von aufsen nach innen nach einander auftreten.

Sie treten auf als ganz sanfte rundliche Erhebungen zu beiden Seiten des vorderen Staubfadens auf gleichem Niveau mit der *palea superior*, und wie gesagt erst später als diese, was der auch sonst bekannten Erscheinung, dafs die *stipulae* später als das Hauptblatt angelegt werden, entspricht. Dazu kommt, dafs diese rundlichen Hügel von Anfang an je in einen der sich immer mehr erhebenden vorderen Ränder der *palea sup.* verlaufen und so als ohrförmige Erweiterungen der letzteren erscheinen, indem sie zugleich die rundliche Form aufgeben und mehr flach werden: *Secale cereale* (Tab. V, 4—5), *Bromus arv.* (Tab. IV, 22), *Hordeum vulg.* (Tab. V, 17), *Avena fatua* (Tab. IV, 37). Auch wenn sie durch

*) Linnaea, 1830. V, S. 299.

**) Zuerst in der Agrostographia 1833 I, S. 3 ausgesprochen, wurde diese Ansicht von Kunth in seinem Lehrbuch und seinen Vorlesungen, so viel ich weifs, bis zuletzt beibehalten. Die von Röper aus der Enumeratio I, p. 2 angeführte Stelle steht wohl nicht, wie derselbe meint, damit im Widerspruch, indem von Kunth die Gräser gerade zu denjenigen Pflanzen gerechnet werden, deren Blüthendecke fehlt und durch Bracteen (*paleae*) ersetzt wird.

***) So fand es auch Payer bei *Oryza*, *Ehrharta*, *Stipa*. A. a. O.

einen ziemlich tiefen und scharfen Einschnitt von der *palea sup.* getrennt werden (Tab. IV, 23. 38), geht dieser doch nicht bis auf den Grund, so daſs beide durch die Blattsubstanz unten noch verbunden bleiben. Von diesem Zusammenhang kann man sich am sichersten überzeugen, wenn man die *palea sup.* flach ausbreitet, wo dann die *squamulae* nach vorn ein jederseits mehr oder weniger tief ausgerandetes, mit der *palea sup.* zusammenhängendes flächenförmiges Gebilde darstellen (Tab. IV, 5. 6. 30). — Mit zunehmender Gröſse werden auch die Umriſse der Schüppchen immer schärfer, der Winkel zwischen beiden sowie zwischen ihnen und der *palea sup.* wird immer tiefer und schärfer. Durch diese zunehmende Sonderung und dadurch, daſs sich die beiden Blättchen wegen ihrer Verbreiterung zum Theil zwischen die vorderen Ränder der Spelze und den Staubfaden schieben, entsteht immer mehr der Anschein als selbständiger innerhalb der Spelze stehender Organe. Aber selbst im ausgebildeten Zustand kann man sich von dem gleich hohen Ursprung und von dem Zusammenhang der *squamulae* mit der oberen Blumenspelze überzeugen. Bei *Oryza sativa* hängen die häutigen *squamulae* der ganzen Länge nach mit den vorderen Rändern der Spelze zusammen (Tab. V, 40) und erscheinen, wenn diese ausgebreitet wird, als ohrförmige Erweiterungen der Basis. Bei *Secale cereale*, *Apera Spica venti*, *Poa annua* und vielen anderen, vielleicht bei allen Gräsern trennen sich, wenn man die *palea sup.* vorsichtig ablöst, die *squamulae* zugleich mit ihr vom Blüthenstiel, oder wenn man alle übrigen Theile der Blüthe entfernt, so bleiben die *squamulae* mit dem Grund der Spelze in deutlichem Zusammenhang (Tab. V, 6. 7).

So gehören denn die *squamulae* als *stipula*-artige Theile zu der *palea superior*, mit der sie auch der Consistenz nach am nächsten verwandt sind. Ich möchte sie nicht sowohl mit der *ligula* als mit den ohrförmigen oft sehr lang zugespitzten Anhängseln vergleichen, welche manche Gräser, z. B. die Gerste etc., an der Grenze zwischen Scheide und Scheibe der Blätter seitlich am Rande entwickeln.

Die Bedeutung der Schüppchen als Theile der oberen Spelze findet eine Bestätigung darin, daſs, wo die letztere fehlt, z. B. bei *Alopecurus*, auch die ersteren von Anfang an fehlen. Natürlich können die *squamulae* aber auch da fehlen, wo ihr Hauptblatt entwickelt ist, z. B. in der weiblichen Blüthe von *Zea Maïs* *). Noch mehr wird die vorliegende Erklärung auſser Zweifel gesetzt, wenn,

---

*) Die *squamulae* glaube ich in der ersten Anlage gesehen zu haben.

wie Kunth angiebt, bei *Ichnanthus* aufser den gewöhnlichen noch zwei *squamulae* vorhanden sind, die der *palea inferior* entsprechen.

Was die dritte *squamula* betrifft, welche bei manchen Gräsern (*Stipaceae*, *Bambusa*) zwischen den beiden hinteren Staubfäden vorkommt, so bin ich einstweilen noch nicht im Stande, dieselbe aus der Entwickelungsgeschichte zu erklären: übrigens würde die Schwierigkeit erst dann von Bedeutung sein, wenn es festgestellt wäre, dafs dieses Organ mit den beiden vorderen entschieden gleiche Beschaffenheit und gleich hohe Insertion hat, was vorerst noch sehr zweifelhaft ist. Jedenfalls ist für alle mit zwei *squamulis* versehenen wenigstens für die von mir in dieser Beziehung untersuchten Gräser, *Secale*, *Oryza*, *Hordeum*, *Bromus*, *Apera*, *Avena*, *Poa*, die obige Erklärung dieser Organe, weil sie direct nachgewiesen worden ist, über jeden indirect durch Analogie etc. von aufsen her zu entlehnenden Zweifel erhoben. — Etwas, was für die Anlage einer dritten hinteren *squamula* gehalten werden könnte, habe ich in keinem Stadium der Blüthenentwickelung wahrgenommen, im Gegentheil die Stelle, wo ein solches Rudiment hätte auftreten müfsen, wenn Schleiden's Angabe richtig wäre, entschieden als leer erkannt.

Durch die Nachweisung, dafs die Blüthendecke, welche von der Mehrzahl der Autoren in den *squamulis* erkannt wurde, gar nicht existiert, ist natürlich auch der Frage, ob dieselben den äufseren oder inneren Wirtel repräsentieren, der Boden genommen.

5. Ueber den Bau und die Entwickelung des Aehrchens im Allgemeinen.

Das Aehrchen der meisten Gräser besteht aus zwei Axenordnungen: der Hauptaxe, und den im Winkel der *paleae inf.* entspringenden die *palea sup.* mit den *squamulis* und die nackte Blüthe tragenden Axen. Röper *) wirft die Frage auf: „ob die Grasblüthe als auf der Spitze des verkürzten Zweigleins sitzend anzusehen sei, welchem die *palea superior* entspringt, oder ob sie (ähnlich der weiblichen *Carex*-Blüthe) aus der Achsel der *palea superior* hervorgehe?" Obgleich Röper mehr geneigt ist, die entscheidende Antwort auf indirectem (Analogie der *Carex*-Blüthe) als auf directem Wege zu erwarten, indem er von vornherein einer etwaigen Nachweisung der Endständigkeit aus den frühsten Perioden die beweisende Kraft abspricht, so scheint es mir doch, als

*) A. a. O. S. 100.

ob lediglich die directe Beobachtung desjenigen Zustandes, wo die Blüthe zu allererst auftritt, eines Stadiums, in welchem die wahren Verhältnisse so überaus klar und unverrückt vor uns liegen, Sicherheit über derartige Fragen geben kann. So beantwortet sich denn auf diesem Wege jene Frage ganz unzweifelhaft dahin, dafs die Blüthe wirklich echt endständig an dem genannten Zweiglein entspringt. Es ist dasselbe rundliche Hügelchen, welches in der Achsel der *palea inferior* entspringt, welches demnächst die *palea superior* hervorbringt, aus welchem bald darauf die drei Staubfäden als kleine runde Höckerchen und endlich das Pistill hervorgeht (Tab. IV, 2. 4. 14. 29 *a*). Die ganze Erscheinung ist so klar, dafs wenn die Blüthe seitlich aus jenem rundlichen Hügel entspränge, und die Spitze dieses Zweigleins dann vermuthlich auf die Seite, d. h. nach vorn, nach der *palea inf.* gedrängt würde, diefs ganz unmöglich der Beobachtung entgehen könnte. Oder was sollte aus aller Naturforschung werden, wenn wir hinter jeder, wenn auch noch so richtigen Beobachtung eine Täuschung nicht von Seiten unserer selbst, sondern der Natur argwöhnen müfsten, wenn wir nicht in jeder richtig aufgefafsten Erscheinung berechtigt wären den wahren und vollgiltigen Ausdruck dessen, was die Natur will, ihrer Gesetze zu erkennen?

Was nun aber das Verhältnis der Blüthe zu der Hauptspindel des Aehrchens betrifft, so ist sie wenigstens bei den meisten, und, wie es scheint, nach der gewöhnlichen Ansicht *) sogar bei allen Gräsern seitenständig, indem die Axe des Aehrchens nicht durch eine Blüthe geschlofsen wird. Auch hier ist es aber die Beobachtung der frühsten Zustände, welche allein eine sichere Begründung dieser Ansicht geben kann. Denn ob bei den mehrblüthigen Aehrchen von *Poa, Bromus* etc. die Axe am Ende nicht etwa durch ein, wenn auch noch so verkümmertes, Blüthchen geschlofsen wird, ob nicht das „*rudimentum tertii floris longe pedicellatum*" bei *Secale* selbst gipfelständig ist, wird sich zwar durch mikroskopische Betrachtung des frei präparierten Axenendes auch in dem fertigen Zustande nachweisen lafsen; — ob aber das „*rudimentum floris secundi aristaeforme*" bei *Hordeum*, der „*pedicellus rudimentum fl. sec. referens*" bei *Apera* das wirklich offene Axenende darstellt oder nicht vielleicht ein bis zur Unsichtbarkeit verkümmertes oder abgestofsenes Endblüthchen getragen hat, — ob andererseits der Mangel eines solchen wahrnehmbaren Rudiments bei *Agrostis, Alopecurus, Oryza* etc. und anderer einblüthigen Grä-

*) Röper a. a. O. S. 22 u. 79.

ser blofs scheinbar ist, oder ob nicht vielleicht das Blüthchen doch echt gipfelständig ist, — kann nur durch die Entwickelungsgeschichte sicher entschieden werden. Und in der That ergeben sich dabei sehr wichtige Verschiedenheiten.

Bei allen Gräsern mit vielblüthigen Aehrchen stehen die Blüthen sämmtlich seitlich und zwar schreitet die Entwickelung von unten nach oben fort, so dafs man an einem jugendlichen Aehrchen eine ununterbrochene Reihe von Entwickelungsstufen vor sich hat, von der untersten mit vollkommen angelegten Theilen versehenen bis hinauf zu der obersten dicht unterhalb des Gipfels als nacktes Hügelchen auftretenden Blüthe. Hier tritt nun bei der weiteren Ausbildung der Unterschied ein, dafs bei den einen [*Bromus*, *Glyceria* (Tab. IV, 29*a*), *Poa* (Tab. IV, 2) u. s. w.] die Begrenzung der Zahl der Blüthen blofs eine Folge von der Beendigung der terminalen Fortbildung des Aehrchens ist, und diese Zahl verhältnismäfsig grofs und unbestimmt ist, — dafs dagegen bei anderen, [*Secale*, *Avena* etc.] von den ebenfalls zahlreich angelegten Blüthen nur eine bestimmte geringere Anzahl zur Ausbildung gelangt, während die oberen plötzlich in der Entwickelung gehemmt als ein vertrocknendes Köpfchen oder dergl. bleiben. Bei noch anderen, z. B. *Hordeum*, *Apera*, wird überhaupt nur eine Blüthe in jedem Aehrchen angelegt, und zwar ebenfalls seitenständig aus der Achsel der *palea inferior*, indem die Axe des Aehrchens als ein nackter kegelförmiger Fortsatz neben der Blüthe, nämlich an dem Rücken der *palea superior* endigt (*Apera*, Tab. IV, 30*x*, *Hordeum*, Tab. V, 16*x*). Dieses Axenende bleibt auch an der fertigen Blüthe sichtbar, wahrscheinlich gehört aber auch *Agrostis* hierher, obgleich dabei ein solcher Fortsatz nicht zu sehen ist.

Nun giebt es aber auch Gräser, bei denen die Aehrchenaxe mit einer endständigen Blüthe schliefst. Wenigstens habe ich mich davon bei der einblüthigen *Oryza* (Tab. V, 35 — 37) und *Alopecurus* (Tab. V, 42 — 43) überzeugt, sowie bei der zweiblüthigen *Zea Maïs* ♀, wo das zweite obere zwar in der Folge verkümmernde aber bereits vollständig angelegte Blüthchen der *spicula* entschieden das Axenende des Aehrchens bildet (Tab. V, 22. 25. 26. 28. 30). Nirgends habe ich bei den genannten Gräsern eine Spur eines freien Axenendes neben der Blüthe finden können *).

*) Ueberblicken wir die ganze Graspflanze in Beziehung auf die Begrenzung ihrer Axen, so sehen wir einen auffallenden Wechsel der Generationen. Die primäre Axe ist bei den meisten (perennierenden) Gräsern offen, die secundären Axen dagegen

Dem oben über die Entwickelung des Aehrchens Gesagten, wonach dieselbe im Allgemeinen gleichmäſsig von unten nach oben fortschreitet und nur bald früher bald später, bald in der Neubildung von Blüthen, bald in der Ausbildung der bereits angelegten eine Hemmung erleidet, habe ich noch hinzuzufügen, daſs die *glumae* nicht nur zuerst auftreten, sondern auch unabhängig von diesem Alter in der frühsten Jugend dem übrigen Aehrchen weit vorauseilen, so daſs z. B. ein $^1/_4 - ^1/_2'''$ langes Aehrchen von *Poa nemoralis* von den zwei groſsen und weiten *glumis* zugleich eingehüllt wird; worauf dann später ein zweites Stadium folgt, in welchem die *glumae* im Verhältnis zum Ganzen zurückbleiben. — Dasselbe gilt auch von der *palea inferior*, welche den übrigen Theilen des Aehrchens unverhältnismäſsig im Wachsthum voraneilt, so daſs dieselbe im unteren Theil des Aehrchens nicht nur die zugehörige Blüthe mit der *palea superior* um das Sechs- oder Mehrfache übertrifft und tief im Grund verbirgt, sondern daſs auch eine solche untere *palea inf.*, z. B. bei *Bromus arvensis*, fast der Länge des ganzen oberen Theils des Aehrchens gleichkommt und daher auch die oberen Blüthen desselben zum Theil einhüllt (*Bromus arvensis*, Tab. IV, 17). Auch ist dieselbe bereits anatomisch sehr weit entwickelt, mit Gefäſsbündel, Stacheln etc., während die entsprechende *palea superior* und die Blüthe noch ganz zartes und gleichmäſsiges Gewebe hat, — eine Ungleichheit, die jedoch alsbald wieder ausgeglichen wird.

III. Die Blüthe.

1. Die Staubfäden.

Die Staubfäden als die erste Stufe der eigentlichen Blüthenorgane in der, wie oben dargethan wurde, nackten Blüthe treten an dem rundlichen Hügel, welcher in der Achsel der *palea inf.* (resp. als Gipfel des Aehrchens bei gewissen Gattungen) entspringt und etwas höher nach hinten von dem sanft erhabenen Wall der *palea sup.* halbringförmig umfaſst wird, als drei niedrige Höckerchen auf.

---

schlieſsen in einem endständigen Blüthenstand, ja meistens sogar in einem endständigen Aehrchen, — die Axe einer weiteren Generation, nämlich die Aehrchenspindel, ist wieder bei den meisten Gräsern offen, die der folgenden letzten Generation dagegen allgemein durch die endständige Blüthe geschloſsen.

Sie kommen durchaus gleichzeitig zum Vorschein und stehen gleich vertheilt um den Gipfel des Hügelchens herum, so dafs das eine der *palea inferior* zugekehrt, die beiden anderen nach hinten links und rechts von der Mitte der *palea superior* stehen (Tab. IV. 2. 4. 14. 15. Tab. V, 22. 42. 43. *a'*, *a''*, *a'''*). Es ist also ein einfacher echter Blattwirtel, von dem Ueberwiegen des vorderen Staubfadens über die beiden anderen, was man in der entwickelten Blüthe bemerkt, ist in der Jugend nichts zu sehen; auch findet das Zusammenrücken der seitlichen Staubfäden nach vorn erst viel später statt. Bei sechsmännigen Gräsern, z. B. *Oryza* (Tab. V, 35—38), entspringt in ähnlicher Weise bald darauf etwas höher und mit dem ersten alternierend ein zweiter Wirtel (*b*) *). Ueber die zwei- und viermännigen Gräser fehlt es mir leider noch an Beobachtungen.

Die Entwickelung dieser ersten Rudimente zu Staubfäden schreitet nun in folgenden Stadien fort.

1) Rundliche Hügel in den Blüthenboden sanft abgedacht. — Durchmefser der ganzen Blüthe $^1/_{14}'''$ (Tab. IV, 4. 14).

2) Rundliche Hügel, an der Basis bestimmt abgegrenzt, $^1/_{50}'''$ dick, — Blüthe $^1/_8$ — $^1/_5'''$ Diam. (Tab. IV, 16).

3) Dieselben etwas verlängert, das Axenende überragend, aber an der Basis noch breiter als oben, $^1/_{40}'''$ dick (Tab. IV, 15).

4) Durch zwei sich auf dem Gipfel kreuzende leise Längsfurchen, von denen die eine in der Richtung des Blüthenradius, die andere senkrecht darauf gerichtet ist, entsteht die erste Andeutung der vier, anfangs unmittelbar zusammenstofsenden Antherenfächer; die Anthere stumpf vierkantig, ebenso dick als hoch, — bei *Bromus* bei $^1/_5'''$, bei *Poa* schon bei $^1/_{12}'''$ Bl.-Diam. (Tab. IV, 5. 7. Tab. V, 24).

5) Die Antherenfächer treten stärker hervor, die Furchen werden tiefer und breiter, besonders die der Mitte zugekehrte; dadurch entsteht ein von den Fächern unterscheidbares Connectiv, welches die Anthere in eine rechte und linke Hälfte theilt und dadurch dafs es vorn breiter als innen ist, die Fächer nach innen zusammenrückt. — Fast auf diesem Stadium, wo die Anthere bereits ihre charakteristische Form besitzt, tritt die erste Spur eines Trägers auf. Der Staubträger ist bei *Bromus* und *Poa* $^1/_{14}'''$, bei

*) Payer's Angabe, dafs bei *Oryza* zuerst die zwei hinteren Staubfäden des ersten Wirtels, dann vom zweiten Wirtel die zwei rechts und links von der *p. inf.* stehenden, und zuletzt die zwei nach vorn und hinten stehenden Staubfäden auftreten, mufs ich widersprechen.

Avena sativa schon $^1/_5 - ^1/_3'''$ lang und ebenso dick. Bl.-Diam. bei *Bromus* $^1/_4'''$, bei *Poa* erst $^1/_7'''$ [Tab. IV, 20. 20*].

6) Die Fächer treten stark hervor, überhaupt ist die Gestalt der jungen Anthere scharf ausgeprägt, das Connectiv nach aufsen und zwar besonders unten sehr verbreitert, so dafs hier die Antherenfächer mehr auseinander weichen als oben; nach innen ist nur eine scharfe Furche anstatt des Connectivs. Dadurch dafs die Fächer sich an der Basis erweiteren und mit ihren Lappen auseinanderweichen, entsteht jene charakteristische pfeilförmige Basis. (Tab. IV, 21. 22. 31. 38. Tab. V, 4. 17. 45.) Das Filament erscheint von Anfang an kurz und dick und als die Fortsetzung des Connectivs, welches sich continuierlich und in gleicher Dicke nach unten fortsetzt; die Anheftung des Filaments auf dem Rücken der Anthere sowie die Zuspitzung des Trägers entwickelt sich erst bei der weiteren Ausbildung, Ersteres besonders durch die immer stärkere Erweiterung der Fächer nach unten, wodurch der Anheftungspunkt des Filaments scheinbar nach oben gerückt wird. Auf dieser Stufe ist die Länge der Anthere $^1/_7'''-^1/_8'''$, die des Trägers $^1/_{14}''' - ^1/_{16}'''$ und der Durchmefser der ganzen Blüthe bei *Bromus* $^1/_3'''$, bei *Alopecurus* $^1/_5'''$, bei *Apera* nur $^1/_6'''$.

7) Von da an erleidet die Anthere keine wesentlichen Veränderungen in der Gestalt, während dagegen der Träger nunmehr sich rascher und in stärkerem Verhältnis vergröfsert als die Anthere †).

Was die anatomische Ausbildung des Staubfadens betrifft, so ist das Gewebe, so viel man von aufsen sehen kann, lange hinaus gleichförmig klein- und zartzellig, und erst nachdem die Anthere die ausgebildete Form hat (bei *Apera* $^1/_5'''$, das Filament $^1/_{14}'''$ lang), zeigt sich eine gelbliche Färbung. Das Gefäfsbündel im Träger scheint zuerst bei $^1/_5'''$ Länge desselben aufzutreten. — Ueber die Pollenentwickelung der Gräser habe ich keine zusammenhängende Beobachtung angestellt. Bei *Secale cereale* waren in einer Anthere, deren Filament noch sehr kurz war, die ellipsoidischen Specialmutterzellen $^1/_{30}'''$ lang, mit einem wandständigen Zellenkern versehen und zeigten nebeneinander folgende wie mir scheint aufeinander folgende Zustände. 1) Der Kern dunkel, der Inhalt der Zelle trübe, körnig, darin mehrere helle, ungleich grofse Bläschen (Kerne?)

---

†) Eine sehr ausgezeichnete Gestalt haben die Staubfäden von *Oryza sativa*. Die beiden inneren Antherenfächer setzen sich in lang vorgezogene, nach innen gekrümmte Lappen fort, während die äufseren Fächer, viel kürzer, nicht über die Anheftung des Trägers hinabreichen. Der letztere ist am Grund verdickt (Tab. V, 39).

(Tab. V, 15. *a*). 2) In der Mutterzelle liegt eine den gröſseren Theil derselben einnehmende Tochterzelle (die Pollenzelle), einen wandständigen Kern und eine trübe körnige, jedoch weniger dunkele Flüſsigkeit enthaltend als die der Mutterzelle (*b*). 3) Die Pollenzelle etwas vergröſsert, der Inhalt sowohl dieser als der Mutterzelle ist heller als auf der vorigen Stufe, der Kern in beiden läſst seinen Bau deutlicher erkennen (*c*, bei *d* vergröſsert), der Kern der Mutterzelle mit einem sehr breiten hellen Hof umgeben, der der Tochterzelle aus einem kleinen rundlichen hellen Kernchen bestehend, welches von einem röthlichweiſsen Bläschen und dieses von einem weiſsen Hof umgeben ist.

2. Das Pistill.

Kein anderes Organ in der Blüthe ist Gegenstand so zahlreicher Deutungsversuche geworden als das Pistill; es ist von allen denkbaren Ansichten über dasselbe kaum eine einzige, die nicht ihre Vertreter gefunden hätte. Darin stimmen fast Alle überein, daſs die Zahl der Glieder (Carpelle), aus denen der Anlage nach das Pistill der Gräser bestehe, wie für die Staubfäden, die Zahl der Monokotyledonen, drei sei, — wie viele und welche dieser drei Glieder aber an der wirklichen Zusammensetzung des Pistills Antheil haben, darin gehen die Meinungen auseinander, und zwar in folgender Weise.

a) Von den drei Carpellen bildet sich das äuſsere zum Pistill aus, die beiden inneren abortieren: Kunth*).

b) Von den drei Carpellen bildet sich das innere zum Pistill aus, die beiden äuſseren abortieren: N. v. Esenbeck**).

c) Von den drei Carpellen bildet sich eines der beiden äuſseren zum Pistill aus, das andere äuſsere und das innere abortieren: N. v. Esenbeck***).

d) Von den drei Carpellen bilden sich die beiden inneren zum Pistill aus, indem sie mit den Rändern verwachsen, das äuſsere abortiert: N. v. Esenbeck†), Döll††), Röper†††), Nägeli *†).

e) Von Anfang an ist nur ein Carpell vorhanden, welches nach hinten steht, und von welchem sich gewöhnlich nur die Ne-

---

*) Agrostographia I, S. 3.

**) Linnaea V, S. 680 (1830).

***) Ib. Zwischen beiden Ansichten schwankt der Verfaſser.

†) R. Brown, Verm. Schr. I, S. 112 (1825).

††) Rheinische Flora S. 59.

†††) A. a. O. S. 124 ff.

*†) Zeitschr. für wiſsensch. Bot. III. IV. S. 285.

benblätter als zwei Narben, oder nur die *lamina* als eine Narbe, oder die *lamina* und die Nebenblätter als drei Narben ausbilden: Cruse*).

f) Von Anfang an ist nur ein Carpell vorhanden, welches sich zum Pistill ausbildet: Schleiden**), C. Koch***), Payer †).

Von diesen Ansichten, von denen die erste mit der letzten gleichbedeutend ist, wenn man von dem dort angenommenen Abortus zweier inneren Carpelle absieht, wird allein die letzte durch meine Untersuchung der Entwickelungsgeschichte bestätigt.

Ich werde den Entwickelungsgang des Graspistills bei den von mir untersuchten Arten im Einzelnen beschreiben, theils, um dadurch meine Ansicht um so fester zu begründen, theils weil sich die den verschiedenen Arten entnommenen Stadien gegenseitig ergänzen, und insbesondere um dabei gewisse specifische Eigenthümlichkeiten hervorzuheben.

Poa annua. In einer jungen Blüthe von $^1/_{14}'''$ Durchmeſser erhebt sich das Axenende über den oben angelegten Staubfadenkreiſs als ein runder Knopf (Tab. IV, 4 *t*). An diesem tritt das Carpell dicht unter dem Gipfel als ein $^1/_2$- oder $^3/_4$ringförmiger Wulst auf, dessen Rücken nach auſsen, dessen offene Seite nach innen liegt. Der Durchmeſser desselben ist circa $^1/_{25}'''$, der der Blüthe $^1/_{10}'''$—$^1/_{12}'''$ (Tab. IV, 5). Dieser Wulst erhebt sich immer mehr, und umgibt das halbkugelige Axenende auch nach innen, während der äuſsere Theil bereits die Höhe des Axenendes erreicht hat; noch stärker erhebt sich aber der Rand an zwei links und rechts von der Mitte etwas nach auſsen gelegenen Punkten als zwei Anfangs stumpfe Spitzen, d. h. das Carpell theilt sich an seiner Spitze in zwei Schenkel. Durchmeſser und Höhe des Pistills $^1/_{20}'''$—$^1/_{12}'''$, Durchmeſser der Blüthe $^1/_{10}'''$—$^1/_7'''$ (Tab. IV, 7. 8). — Der Rand des Carpells erhebt sich demnächst ringsum so, daſs das Axenende, welches auf der vorigen Stufe hervorragt, in einer nur oben wenig geöffneten Höhle verborgen wird (Tab. IV, 9). Die beiden Schenkel verlängern sich immer mehr und sondern sich als stielförmige Theile deutlicher von dem unteren geschloſsenen, besonders nach auſsen (vorn) bauchig gewölbten Theile, dem *ovarium* (Tab. IV, 10. 11). Dabei wird das ganze Carpell im Ver-

---

*) Linnaea V, S. 319.

**) Wiegmann's Archiv 1837; Beiträge zur Bot. S. 99. — N. A. Ac. XIX, P. 1, Tab. III. Fig. 1 ff. — Grundz. d. Bot. Ed. II, B. II, S. 257 Anm. 310. Tab. II, Fig. 22.

***) Linnaea XXI, S. 365.

†) Comptes rendus, XXXVII, p. 630.

gleich zur Dicke immer länger von $1/_{12}'''$ (Fig. 9), $1/_{10}'''$ (Fig. 10) bis $1/_{5}'''$ (Fig. 11). Zugleich beginnt eine Papillenbildung an den beiden Griffeln, indem bei $1/_{12}'''$ Höhe, wo das ganze Gewebe noch trübe und kleinzellig ist, an der Spitze wafserhelle Zellen auftreten (Fig. 9), welche immer mehr nach aufsen hervortreten, und als deutliche Papillen sich immer weiter nach unten über den oberen Theil der fadenförmigen Griffel ausbreiten (Fig. 11): an einem $1/_{4}'''$ langen Pistill, dessen *ovarium* $1/_{10}'''$, die Griffel $1/_{7}'''$ lang sind, sind die letzteren fast von unten an mit Papillen besetzt. Die letzteren verlängern sich dabei haarförmig, und bilden durch Längs- und Quertheilung, wobei das Ende mit einer einfachen Gipfelzelle fortwächst, nach und nach bandförmige Haare, welche an dem ausgebildeten Pistill $1/_{7}'''$ lang aus etwa 7 Gliedern von zweireihig gestellten, mit ihrem oberen Ende zahnartig hervortretenden Zellen bestehen (Tab. IV, 12). In der fertigen Blüthe, wo das *ovarium* circa $1/_{7}'''$, die Griffel $1/_{5}'''$ lang sind, erscheint das erstere an seinem Gipfel abgeflacht, indem die Griffel seitwärts gerückt werden (Tab. IV, 13).

Das in der Höhle des Carpells eingeschlofsene Axenende entwickelt sich zum *ovulum* (*ov.* in den Figuren), welches daher ursprünglich grundständig zuletzt an der hinteren Wand des *ovariums* sitzt, und in einem $1/_{7}'''$—$1/_{6}'''$ hohen Pistill bereits mit einem doppelten Integument versehen ist (Tab. IV, 11).

Bromus arvensis. Das Axenende der Blüthe erscheint innerhalb der eben angelegten Staubfäden, von denen es bald überragt wird, als ein flach convexer Hügel (Tab. IV, 14. 15); Durchmefser der Blüthe von $1/_{14}'''$ bis $1/_{10}'''$ zunehmend. Allmählich erhebt sich derselbe und bildet einen fast kugeligen an der Basis verschmälerten, daher bestimmt gegen die Umgebung abgegrenzten Körper (Blüthe: $1/_{6}'''$ Durchmefser) (Tab. IV, 16). Dicht unterhalb dessen Gipfel tritt sodann nach aufsen, der *palea inf.* zugekehrt, eine Erhebung auf (Tab. IV, 20), welche sich seitwärts ausbreitend den Hügel immer mehr ringförmig umfafst, und zugleich sich kapuzenartig erhebend nach innen zu einer Höhlung bildet, aus welcher das zurückbleibende Axenende nach hinten zum Theil hervorragt (Tab. IV, 21). Das Carpell ist hierbei abgerundet oder mit etwas hervortretender Spitze (Fig. 24). Dicke und Höhe sind in diesem Stadium ungefähr gleich (circa $1/_{15}'''$), Durchmefser der Blüthe circa $1/_{5}'''$. Demnächst, etwa bei einer Höhe des Carpells von $1/_{12}'''$, erhebt sich dessen Rand links und rechts von der Spitze, während die letztere zurückbleibt, so dafs der Rand dreispitzig erscheint (Tab. IV, 23. 25). Wir haben in dieser mittleren

Spitze die Andeutung des dritten Griffels, welcher bei gewissen Gräsern regelmäſsig zur Ausbildung kommt. Oder die Spitze bleibt auch ganz zurück und erscheint als eine stumpfe Bucht zwischen den beiden seitlichen Spitzen, jedoch weniger tief als der Ausschnitt zwischen den beiden hinteren am Grund verbundenen Rändern (Tab. IV, 26). Während sich die beiden Spitzen immer mehr erheben, wölbt sich der untere Theil zu einer oben offenen Höhle (Tab. IV, 27). Unterdessen hat die Dicke des Pistills bis zu $1/7'''$ zugenommen.

*Secale cereale**). Auch hier tritt das Carpell in dem rundlichen Axenende als ein halbringförmiger Wall auf, dessen Mitte am erhabensten ist, dessen beide Schenkel sich allmählich abdachen (Tab. V, 1). Bei weiterer Entwickelung nimmt der ganze Umfang des Axenendes an dieser Wallbildung Theil, welche sich schlauchförmig erhebt, doch so, daſs nach hinten (innen) eine Ausbuchtung bleibt (Fig. 2). Zugleich erhebt sich der Rand an zwei seitlichen Punkten stärker und bildet dadurch die Anfänge der Griffel (Fig. 3, 4), wobei sich der untere geschloſsene Theil des Schlauchs bauchig wölbt. In der Mitte nach vorn (auſsen) bleibt bei der weiteren Erhebung der beiden Schenkel der Rand zurück und bildet einen spitzen schmalen Ausschnitt, der jedoch weniger tief ist als der oben erwähnte hintere. Auf dieser Stufe hat das Pistill eine Höhe von $1/7'''$ und ist fast eben so dick. Die Höhle wird erfüllt von dem durch das kugelförmige Axenende gebildeten, daher im Anfang grundständigen Eichen. In der Folge verlängern sich die beiden Schenkel bedeutend und bilden sich als zwei gegen das *ovarium* scharf abgesetzte stielartige Griffel aus. Zwischen beiden führt eine enge Höhle in die Fruchthöhle (Tab. V, 8 und 9, von vorn nach hinten durchschnitten, mehr vergröſsert). Zugleich hat (in Folge einer ungleichen Ausbildung des vorderen und hinteren Theils der Fruchtwand und einer Hebung der Axe nach hinten) das Eichen eine laterale Stellung bekommen, indem es mit seiner Basis die ganze hintere Wand der Fruchthöhle einnimmt, und dadurch, daſs seine ursprünglich hintere Seite stärker entwickelt ist als die vordere, die Spitze nach vorn und unten gerichtet. Dieses campylotrope Eichen hat zwei Integumente. Das *ovarium* ist der Länge nach von vier grün erscheinenden Furchen durchzogen, auf der vorderen, hinteren und den beiden seitlichen Wänden, von denen aber

*) Man vergl. Schleiden's Darstellung der Entwickelung des Pistills insbesondere des *ovulums* von *Secale* (N. A. Ac. XIX, P. 1, Tab. I, 1—17), welche sich mit meinen Beobachtungen gegenseitig ergänzt.

die auf der hinteren (der *palea sup.* zugekehrten) die tiefste ist. Auf dem Scheitel ist das Ovarium mit steifen Haaren bedeckt, welche aber nach hinten weiter herabgehen als nach vorn. So ist der Zustand des Pistills vor dem Aufspringen der Antheren, kurz vor der Befruchtung.

Nach der Befruchtung, während der Reifung, bei $^1/_2'''$ Höhe, verdickt sich der obere Theil der Fruchtwand in dem Grade, dafs das eigentliche die Fruchthöhle enthaltende Ovarium gegen diesen verdickten Theil fast wie ein dünner Stiel erscheint, welcher sich plötzlich besonders nach vorn verdünnt, so dass auf dieser Seite eine starke Einbiegung entsteht (Tab. V. 10 von hinten, 11 von der Seite gesehen). Später, bei fortschreitender Entwickelung des Samens nimmt dieser untere Theil zu, so dass jener Absatz ausgeglichen wird, und das ganze Ovarium kurz vor der Reife bei $2'''$ Höhe verkehrt kegelförmig erscheint, der abgestutzte Scheitel mit steifen aufrechten Haaren besetzt (Tab. V. 12). Von den oben erwähnten vier Furchen bleibt nur die auf der hinteren Wand sichtbar, sie wird nach unten tiefer und breiter und endigt plötzlich dicht über der Anheftungsstelle des Ovariums. Die Furche entspricht der Linie, längs welcher auf der inneren Fruchtwand das Eichen befestigt ist, hat also mit einer Verwachsung von Carpellen, womit man sie wohl versucht hat in Zusammenhang zu bringen*), nichts zu thun. Nach vorn und unten bildet die Basis des Fruchtknotens einen kurzen zapfenartigen Vorsprung (Tab. V. 12, 13), entsprechend der Spitze des Samens, und daran ist ein vertiefter Punkt *m* zu sehen, welcher der *micropyle* des Samens entspricht. — Noch bei einer Länge von $2^1/_2'''$ hängt der Samen nur mit der hinteren Fruchtwand zusammen, die Verwachsung mit dem ganzen Pericarpium zur *caryopsis* mufs also erst mit der vollkommenen Reife eintreten. Bei einem Ovarium von $^1/_2'''$ unterscheidet man auch die doppelten ablösbaren Eihäute, bei Früchten von $2^1/_2'''$ sind dieselben zu einer Schicht verwachsen, welche grün erscheint, während die Fruchtwand farblos ist**). Der Samen ist dreikantig, eine Kante nach vorn und zwei seitlich. Aus demselben läfst sich auf dieser Stufe der fast ebenso grofse und ebenso gestaltete gallertartige Eiweifskörper, und aus diesem der $1'''$ lange an der vorderen

---

*) N. v. Esenbeck deutet (Linnaea V. S. 680) die Furche als die centrale Axe, wo die drei Carpelle, von denen zwei fehlen, zusammenhiengen — d. h. doch wohl zusammengehangen haben würden, wenn sie sich entwickelt hätten. Zu solchen Ungereimtheiten führt die Abortusmanie!

**) Schleiden (a. a. O. Fig. 7) hält, wie ich glaube, irrthümlich die grüne Schicht nicht für einen Theil des Samens, sondern für die innerste Schicht des Pericarpiums.

Seite des Eiweifskörpers nach unten gelegene mit der *radicula* nach unten gerichtete Embryo von fast cylindrischer Form und undeutlich angedeuteter *plumula* herauslösen*).

Hordeum vulgare. Die Figuren Tab. V. Fig. 16 ($^1/_9$'''hoch), Fig. 18 ($^1/_7$'''), Fig. 19 geben ein Bild von der im Ganzen den obigen Grasarten entsprechenden Entwickelung des Pistills, insbesondere von der allmählichen Erhebung der beiden Griffel aus dem Rand des Carpells. Bei $^1/_3$''' Länge tritt zuerst an der Spitze Papillenbildung auf, welche sich von da an immer mehr über die ganze Länge der Griffel ausbreitet (Fig. 19). Das Eichen, anfangs rein grundständig und aufrecht (Fig. 18), krümmt sich durch ungleichseitige Ausbildung mit der Spitze nach vorn. Die zwei Integumente bilden sich aus, während das Eichen noch nicht gekrümmt und noch grundständig ist, — zum Unterschied von *Secale*, wo die Entwickelung der Eihäute diese Stufe erst bei der lateralen Stellung erreicht**).

Apera Spica venti. An dem als rundes Köpfchen erscheinenden Axenende der Blüthe tritt wie oben das Carpell als ein von vorn her die Axe immer mehr ringförmig umfassender Wall auf (Tab. IV. 32 von oben, $^1/_{30}$''' Durchmefser, Fig. 32 von innen, $^1/_{27}$''' Durchmefser). Zugleich zieht sich der Rand in der Mitte (nach aufsen) in einer Spitze vor, welche aber bald von zwei seitlichen Spitzen (den Griffeln) überragt wird, so dafs zwischen denselben der vordere Rand eine tiefe und der hintere eine noch tiefere Bucht bildet. Dabei wölbt sich der untere Theil und verengt sich so, dafs oben nur eine geringe Oeffnung bleibt (Tab. IV. 34, 35 von innen gesehen, $^1/_{10}$''' hoch, $^1/_{12}$''' Durchmefser). Das Axenende, nach und nach verborgen, bildet sich zum grundständigen Eichen aus.

Zea Maïs. Die Entwickelung des Pistills bietet bei diesem Gras so manche auffallende Eigenthümlichkeiten dar, dafs sie eine besondere Beachtung verdient, diefs um so mehr, da wir hier zugleich eine diklinische Blüthe von ihren ersten Anfängen an kennen lernen. Die weibliche Blüthe ist ihrer Anlage nach einhäusig. Auf der innerhalb der *paleae* säulenförmig erhobenen Blüthenaxe (Tab. V. 22) treten nämlich übereinander zwei alternierende drei-

---

*) Ich will eine Beobachtung an dem Stärkmehl des Samens nicht unerwähnt lafsen, als einen Beitrag zu der noch immer schwebenden Frage nach der Entwickelung dieses Körpers. Die Amylumkörner, grofsentheils eingeschlofsen in $^1/_{10}$''' langen dünnen farblosen Zellen (Tab. V. 14 *a*) erscheinen hier als deutliche farblose Bläschen von höchstens $^1/_{180}$''', deren Membran durch Jod nicht gefärbt wird, während der Inhalt eine homogene blaue Flüfsigkeit darstellt (bei *b* vergröfsert).

**) Nach Schleiden a. a. O. Fig. 5, 6.

gliedrige Blattwirtel auf in Gestalt von rundlichen Hügeln, von denen der erste Kreiſs (*a*, *a*, *a*) dieselbe Stellung hat wie die drei Staubfäden dreimänniger Gräser. Die drei oberen (*b*, *b*, *b*) damit alternierenden Anlagen entwickeln sich nur wenig weiter, und ich habe auf älteren Stufen davon nur die innere, in einem Rudiment am Grund des Fruchtknotens, wiederzufinden geglaubt (Tab. V. 24 *z*), der äuſsere Wirtel entwickelt sich dagegen zu wirklichen Staubfäden, deren Antheren in einer $^1/_6'''$ Durchmeſser groſsen Blüthe aus einer $4'''$ langen Aehre bestimmt ausgeprägte Form und sogar einen kurzen Träger erkennen laſsen (Tab. V. 24). Von da an bleiben sie in der Entwickelung zurück und verkümmern, während sich das Pistill allein ausbildet. Die weibliche Maisblüthe ist demnach ursprünglich hermaphroditisch und später nur unächt diklinisch, — woher sich dann auch die Möglichkeit erklärt, daſs in abnormen Fällen, wie ich einen solchen Seite 9 dieser Schrift erwähnt habe, der weibliche Blüthenstand sich männlich ausbilden kann.

Die Entwickelung des Pistills geschieht nun auf folgende Weise. Die Blüthenaxe erhebt sich abermals etwas säulenartig innerhalb der Staubfäden, und es entspringt daran unterhalb der Spitze das Carpell als ein halbkreiſsförmiger nach auſsen geschloſsener, nach innen offener Wall (Tab. V. 23), der sich alsbald ringsum die Axe erstreckt (Fig. 24) und nach oben erhebend eine niedrige Scheide um die letztere bildet (Fig. 25 — 30). An dem zuerst entstandenen, daher etwas mehr erhobenen, nach auſsen gelegenen Rand findet das Wachsthum besonders an den zwei seitlich von der Mitte gelegenen Punkten statt, wodurch auch hier wieder jene zwei hervortretenden Spitzen entstehen wie bei den anderen Gräsern. Diese bleiben aber beim Mais verhältnismäſsig nur kurz, wogegen sich das ganze Carpell, mit Ausnahme des inneren kaum über das Axenende sich erhebenden Randes, in auffallender Weise verlängert (Fig. 28, 29), anfangs durch Einkrümmung der Seitenränder der ganzen Länge nach eine nach innen offene ziemlich flache Rinne bildend. Am Grund des Griffels führt auf der inneren Seite ein Kanal in die Eihöhle (Fig. 30), welcher an dem ausgebildeten Fruchtknoten als kleine Oeffnung sichtbar bleibt (Fig. 29, 33 *o*). Dieser gegenüber auf der äuſseren Seite des Ovariums ist ein kleines Grübchen (Fig. 32 *v*), welches sich als schmale Rinne auf der äuſseren, convexen, Seite des Griffels fortsetzt. Dieser bandförmige Griffel, in welchem später zwei Gefäſsbündel auftreten (vergleiche den Querschnitt Fig. 34), erreicht nach und nach die Länge von etwa 9 Zoll, wobei die oben genannten Spitzen am Ende nur als zwei kurze fadenförmige Schenkel (Fig. 32*) erscheinen.

Wenn man in dieser Wachsthumsweise des Carpells auch nicht eine directe Bestätigung von Schleiden's Entwickelungsgesetz für das Blatt annehmen darf, indem sich bei dieser bedeutenden Verlängerung der Scheidentheil doch nur wenig vergröfsert, also kein ausschliefslich basilares Wachsthum stattfindet, so widerspricht doch diese Erscheinung noch mehr der Annahme eines Spitzenwachsthums der Blattorgane; indem die Neubildung an der Spitze des Carpells schon sehr frühe aufhört, wie man nicht nur aus der kurz zweispitzigen Form des Endes, sondern auch daraus erkennt, dafs bereits bei einer Länge von 1''' gegen die Spitze hin am Rande Papillen (Fig. 29), und von da an immer weiter nach unten fortschreiten. Es folgt hieraus, dafs das Pistill sein Wachsthum, mag nun dasselbe bei der ersten Anlage an der Basis oder an der Spitze stattgefunden haben, zum gröfsten Theil einer Neubildung verdankt, welche eine Zeitlang der ganzen Länge nach geschieht, alsbald aber von oben nach unten fortschreitend erlischt. Der Griffel entsteht demnach durch ein secundäres Wachsthum, und der Unterschied zwischen *Zea Maïs* (und anderen Gräsern mit einzelnem erst oben gespaltenem Griffel, z. B. *Alopecurus*) und den übrigen Gräsern liegt nur darin, dafs bei diesen das secundäre Wachsthum vorherrschend in zwei seitlichen Punkten des Carpellrandes stattfindet, wodurch die getrennten Griffel entstehen, während bei *Zea* dasselbe sich auch, und zwar vorwiegend, auf den oberen Theil des Carpells selbst ausdehnt. — Nur durch diese Unterscheidung eines secundären Wachsthumsprocesses von der Entwickelung der ersten Anlage eines Organs, von denen dem ersteren eine grofse Freiheit in Beziehung auf den Sitz und die Richtung des Erlöschens zukommt, entgeht man der Nothwendigkeit, in zwei Organen, welche man sonst als Blattorgane für gleichbedeutend hält, wie z. B. das Pistill und der Staubfaden, bei welchen aber die Entwickelung offenbar in ganz verschiedenen Richtungen fortschreitet (beim Staubfaden ist der obere Theil, die Anthere der zuerst, das Filament der zuletzt, beim Pistill der untere Theil, das Ovarium, der zuerst, der obere, der Griffel, der zuletzt entstandene), daraus auf ein wesentlich entgegengesetztes Entwickelungsgesetz zu schliefsen.

Das Eichen wird auch bei *Zea Maïs* durch das rundliche Ende der Blüthenaxe gebildet, welches in die Höhle der Carpellscheide hineinragt. Schon bei 1/6''' Durchmefser der Blüthe erhebt sich an diesem Hügel auf dem der Carpellinsertion gegenüberliegenden Seite ein halbringförmiger Wall, das *integumentum internum* (Fig. 25, ferner in Fig. 27). Wäre es erlaubt, was freilich andere Schwierigkeiten hat, die Integumente des Eichens für

Blattbildung zu halten, so würde sich dadurch, dafs beim Mais die Integumentbildung nur einseitig beginnt, das in der Grasgestalt herrschende Gesetz der um 180° alternierenden Blätter: Stengelblätter. *glumae*, *palea inferior*, *palea superior*, Carpell, bis in diese letzte Stufe der Blattbildung constant fortsetzen, und wir hätten alsdann nur in den Staubfäden einen, resp. zwei zwischengeschobene Wirtel.

Die ausgebildete Maisblüthe ist von den anliegenden *paleis* und *glumis* eng umschlofsen. Innerhalb der letzteren, der ausgebildeten Blüthe, d. h. deren *palea sup.*, anliegend erscheint das in allen Theilen entwickelte aber verkümmerte Rudiment der zweiten oder Gipfel-Blüthe (Tab. V. 25, 26, 28, 30 fl'); — innerhalb der *paleae*, am Grund des Ovariums die verkümmerten Staubfäden der weiblichen Blüthe. Die Axe des Aehrchens und der Blüthe sowie der Aehrchenstiel hat sich bis zur Blüthezeit knollig verdickt (Fig. 30).

Aufser den obigen Gräsern habe ich mich auch bei *Alopecurus geniculatus*, *Avena sativa* und *fatua*, *Glyceria fluitans* (Tab. IV. 29) von der oben angegebenen Bildungsweise des Pistills überzeugt; doch bietet dieselbe bei diesen Arten keine besondere Eigenthümlichkeiten dar, weshalb hier nicht genauer darauf einzugehen ist.

Fafsen wir aus dem Vorhergehenden die wesentlichen Punkte der Bildungsgeschichte der Grasfrucht noch einmal kurz zusammen.

Das Pistill entsteht durch ein einziges Blattorgan, welches mit seinem Rücken nach aufsen, d. h. nach der *palea inferior* gerichtet ist und daher mit der *palea superior* alternierend die in der Laubformation und in den Spelzen des Aehrchens herrschende zweizeilig alternierende Blattstellung in der Blüthe in der Weise fortsetzt, dafs sie durch die in den vorangehenden Staubfäden plötzlich aufgetretene gleichsam zwischen geschobene Wirtelstellung nicht gestört wird. Das Carpell umfafst das Axenende der Blüthe, aus welchem es zuerst an einem Punkte entspringt, allmählich scheidenartig und erhebt sich als eine ringsum geschlofsene Scheide oder als ein Schlauch, welcher sich bauchig ausbildend und oben bis auf eine kleine Oeffnung, die zur Aufnahme der Pollenschläuche bleibt, verschliefsend das Ovarium darstellt. Zugleich entspringen durch einen secundären Wachsthumsact aus dem oberen Rand zu beiden Seiten der Carpellspitze die beiden Griffel, welche sich durch eine der ganzen Länge nach stattfindende, aber bald von oben nach unten erlöschende Zellenbildung verlängern, — oder dieses secundäre Wachsthum erstreckt sich auch unterhalb des Ursprungs der Griffel auf den oberen nach hinten offenen Theil des

Carpells selbst und erzeugt dadurch einen einfachen oben gespaltenen Griffel (*Zea Maïs*, *Alopecurus*). Die Bildung der Papillen und Fiederhaare an den Griffeln beginnt schon frühe an der Spitze und schreitet von da nach unten fort. — Das Eichen wird gebildet durch das sich in die vom Carpell gebildete Fruchthöhle hineinwachsende Axenende selbst, und wird theils durch eine überwiegende Ausbildung seiner hinteren Seite theils durch eine Hebung der Axe von hinten her so gekrümmt, dafs die Spitze nach vorn und unten gerichtet ist, mit der Basis aber längs der ganzen hinteren Wand des Ovariums befestigt ist. Dieser Stelle entspricht eine Furche auf der äufseren Fläche des Pistills. Die zwei Integumente bilden sich während jener Krümmung; sie scheinen zuweilen (*Zea*) an einer und zwar der dem Carpell entgegengesetzten Seite des Eichens anzufangen. Die Verwachsung des Samens mit dem Pericarpium findet erst ganz gegen Ende der Reifung statt.

Im Pistill der Gräser sehen wir das Blattorgan, nachdem die höchste Formation in der Blüthe nur durch die Staubfadenform vertreten war, auf die niedere Stufe des Hochblattes (der Spelzen) zurücksinken, während gleichzeitig im Eichen die Axe von der Bedeutung einer blofsen Trägerin zu dem Rang eines höheren selbständigen physiologischen Organs erhoben wird. Wenn wir das Pistill mit dem Typus des Stengelblattes der Gräser vergleichen wollen, so entspricht, wie Schleiden bemerkt, das Ovarium dem Scheidentheil, freilich mit dem Unterschied, dafs dasselbe ringsum geschlofsen ist, — wenn Schleiden ferner die Griffel nur als eine weitere Entwickelung der *ligula* betrachtet, so ist dagegen der Fall von *Zea Maïs* einzuwenden, wo diese Theile durch ein langgestrecktes Stück des Carpells von der Scheide getrennt werden, wie es mit der *ligula* des Stengelblattes nicht ist, — schwieriger aber noch möchte es sein, die Vergleichung des bei manchen Gräsern ausgebildeten dritten vorderen Griffels mit der *lamina* des Blattes zu rechtfertigen. Denn, obgleich mir die Entwickelungsgeschichte desselben fehlt, so ist doch sehr wahrscheinlich, dafs er auf dieselbe Weise wie die beiden anderen Griffel, durch ein nachträgliches Wachsthum an der Spitze entsteht, während nach Schleiden's eigener Ansicht die *lamina* des Blattes überhaupt früher als der Scheidentheil hervortritt. Es gilt hier dasselbe, was ich oben über die Bedeutung der Granne gesagt habe, mit welcher, wie mir scheint, die Griffel am besten zu vergleichen sind.

Sollte man, die Einfachheit des Pistills anerkennend, gleichwohl den dreigliedrigen Typus der Grasblüthe dadurch auch auf dieser Stufe zu retten suchen, dafs man (wie Kunth gethan) die

beiden anderen Fruchtblätter als unterdrückt ansieht, — so erwidere ich darauf, dafs, die Möglichkeit einer Unterdrückung von Organen, selbst ehe sie als die kleinsten Anfänge zum Vorschein kommen, einmal zugegeben, 1) kein Platz für die Anlage dieser Glieder ist, weil das eine Carpell als Scheidenbildung von dem ganzen Umfang der Axe Besitz nimmt, 2) dafs dieser hypothetische Wirtel dieselbe Stellung wie der nächstvorhergehende Staubfadenwirtel haben würde, also im Widerspruch gegen das Gesetz der alternierenden Wirtel steht. Doch man könnte ja die eine Hypothese durch eine zweite von Manchen versuchte (Abortus eines zweiten, oberen Staubfadenkreises) unterstützen. Wenn aber Hypothese auf Hypothese gegründet wird, dann schwindet der Boden unter unseren Füfsen.

Ueberhaupt sind die übrigen Ansichten über das Graspistill sehr schwach begründet.

Kunth stützt seine Deutung auf solche Gründe, aus denen er ebenso gut eine andere Ansicht hätte ableiten können. Die symmetrische Gestalt des Pistills („schiefe Form, seitliche Anheftung des Eichens, Lage des Embryo") steht natürlich ebenso gut mit einem der Anlage nach einfachen Fruchtblatt, ohne dafs dabei eine Fehlschlagung zweier anderer angenommen wird, im Einklang; — ferner die Vergleichung mit den von Kunth herbeigezogenen Palmen betreffend, — sind etwa die Palmen insofern die „Fürsten unter den Pflanzen", dafs sie den übrigen ihre Zahlengesetze vorschreiben können? — „Die Zahl der Staubwege und der Stand der Staubgefäfse" endlich könnte wohl eher erschwerend als bestimmend auf Kunth's Erklärung wirken.

Nees von Esenbeck hat aus einem einzigen Argument, einem monströsen Pistill von *Schoenodorus elatior* mit dreifächerigem Fruchtknoten und drei zweispaltigen Griffeln, drei einander widersprechende Deutungsweisen abgeleitet; warum nicht auch ebenso gut die richtige? — Wenn in der Laubformation die zerstreute Blattstellung ausnahmsweise durch die Wirtelstellung vertauscht werden kann, warum sollten sich nicht auch in der Hochblattregion abnormer Weise einmal drei Blätter in den Umfang der Axe theilen können, welcher in der Regel nur von einem Blatt allein eingenommen wird? Man darf daraus ebenso wenig die ursprüngliche Dreigliedrigkeit der Frucht folgern, als man etwa bei *Convallaria majalis* ein Fehlschlagen mehrerer Blätter an jedem Knoten daraus schliefsen wird, weil bei *Convallaria verticillata* der Knoten mehrere Blätter im Wirtel trägt. — Das aber könnte man aus jenem Fall von *Schoenodorus*, wo jedes der drei verwachsenen Carpelle einen

zweispaltigen Griffel trägt, lernen, dafs aus der Zahl der Griffel (oder Narben) nicht auf die Zahl der Carpelle geschlofsen werden darf.

Cruse's Erklärung, obgleich der Wahrheit verhältnismäfsig nahe stehend, geht lediglich von dem Bestreben aus, in ein von aufsen zu der Graspflanze hinzugebrachtes Schema auch sämmtliche Blüthentheile hineinzuzwängen.

Die Gründe, wodurch Röper seine zwar mit Vorliebe aber allerdings ohne bestimmten Anspruch auf Endgiltigkeit vorgetragene Annahme eines ursprünglich dreigliedrigen Carpellwirtels, von denen zwei verwachsen und das vordere fehlschlage, begründet, sind folgende.

a) Die Analogie der *Cyperaceen*, für welche der dreitheilige Bau der Frucht aber auch nur indirect aus der Zahl der Narben und aus monströsen Auflösungen wahrscheinlich gemacht wird, fordert wegen der vielerlei Berührungspunkte zwischen beiden Familien, dafs auch in diesem Punkt Uebereinstimmung herrsche. Von dieser Ueberschätzung der Typen unten mehr.

b) Die Zahl der Narben, wird als maafsgebend für die Zahl der Carpelle angenommen, so lange mit dieser Annahme der beliebten Ansicht gedient werden kann; das Kriterium wird aber bei Seite geworfen (d. h. durch Verwachsung gedeutet), sobald sich der Fall von *Nardus* in den Weg stellt.

c) Eine Schwierigkeit bietet *Anthoxanthum* mit seinen zwei Staubfäden und zwei Narben. Hier gibt Röper einen ursprünglich zweigliedrigen Bau der Blüthe zu. — Auffallend, eine solche Herrschaft wird dem dreigliedrigen Typus der Blüthe unter den Monokotyledonen eingeräumt, dafs die ganze Familie der Gräser, um den *Irideen* etc. Rechnung zu tragen, zu ihrem einen Carpell noch zwei adoptieren müfsen, — aber unter den Gattungen einer so eng verbundenen Familie wie die Gräser selbst soll das Gesetz seine Kraft verlieren!

d) Endlich gilt das Gleichbleiben der Lage des Embryos bei ein-, zwei- und dreinarbigen Gräsern als Argument für die ursprünglich dreigliedrige Frucht. Ich weifs nicht, warum dieser Umstand nicht ebenso gut mit jeder anderen Ansicht, insbesondere auch mit dem von der Entwickelungsgeschichte nachgewiesenen ursprünglich eingliedrigen Bau in Uebereinstimmung sein sollte.

Nägeli's Beweise für die ursprüngliche Dreizahl der Carpelle und das Fehlschlagen des einen sind theils ebenfalls die Analogie der *Cyperaceae*, theils das normale und abnorme Vorkommen von dreinarbigen Gräsern. In Beziehung auf das letzte Argument

kann man fragen: schreibt die eine Gattung allen anderen Gattungen derselben Familie, schreibt ein monströser Fall allen abnormen Fällen das Gesetz vor? sind darum alle normalen Hände ursprünglich sechsfingerig und nur durch Abortus fünffingerig, weil es einmal einen Menschen mit monströs sechsfingerigen Händen gegeben hat? — Uebrigens geht wohl aus meiner obigen Darstellung genügend hervor, dafs der Zahl der Narben bei den Gräsern keine solche Bedeutung zukommt, um daraus auf die Zahl der Carpelle zu schliefsen, und dafs mit der nachgewiesenen ursprünglichen Eingliedrigkeit der Grasfrucht sowohl die zwei- als drei- und einnarbigen Gräser vollkommen im Einklang stehen.

Der gemeinsame Charakter fast aller jener Deutungsweisen, welche sich an diesem Gegenstande, der Grasfrucht und an der ganzen Grasblüthe versucht haben, und welche überhaupt noch immer das Gebiet der Morphologie grofsentheils beherrschen, aller jener Versuche, durch Vergleichungen mit ähnlichen Bildungen bei anderen Pflanzen und durch Schlüfse aus gewissen Erscheinungen an der fertigen Gestalt die Natur und den Ursprung einer bestimmten Gestalt zu erklären, scheint mir darin zu liegen, dafs man nicht auf das Ziel der Frage direct losgeht, sondern durch Rathen und Vermuthen um den Gegenstand herumtappt. Denn im besten Falle ist das Resultat dieser Methoden die Erkenntnis, dafs es so und so sein könne, während die directe Beobachtung zu der Einsicht führt, wie ein Ding ist. Alle diese Methoden haben nur einen subjectiven Werth; jeder Erklärer hat seine Ansicht im Grunde für sich, denn es liegt in ihren Gründen nichts Zwingendes; man kann es sich so oder auch so denken; jede Erklärung hat ihre Berechtigung, die eine ist etwas befser, die andere etwas schlechter, je nach dem Grad von Umsicht, von Umfang und Genauigkeit der Beobachtung und von logischer Schärfe. Denn es ist nicht zu leugnen, dafs diese Art Naturforschung umfafsende Kenntnisse, Gründlichkeit der Beobachtung, geistreiche Combination, Schärfe des Urtheils keineswegs ausschliefst. Aber leider führen alle diese Vorzüge auf diesem Wege nicht zum Ziel, weil man nicht über die Möglichkeit hinaus zur Wahrheit gelangt. Alles, was jene Männer zu Stande bringen, sind im Grund nur Hypothesen. Ich kenne recht gut den Werth der Hypothesen; durch sie ist grofsentheils das Gebäude der heutigen Wifsenschaft aufgebaut und wir bedürfen dieses Mittels fortwährend; aber wo sich ein Gesetz in seiner Erscheinung unmittelbar beobachten läfst, da hört die Berechtigung des indirecten und provisorischen Mittels, der Hypothese auf. Dafs ich die Methode der Entwickelungsgeschichte nicht einseitig über-

schätze, habe ich anderwärts bewiesen, insbesondere dafs es in der Morphologie auch Fragen gibt, an welchen die Entwickelungsgeschichte keinen Angriffspunkt findet, wo vielmehr Vergleichung etc. und auch die Hypothese an die Stelle treten müfsen; — wenn es sich aber um die Bedeutung einer Gestalt ihrem Ursprunge nach handelt, z. B. ob ein Organ aus einem oder mehreren Theilen zusammengesetzt sei, ob die ursprüngliche Anlage so oder anders gewesen sei, — dann ist auch nur von der unmittelbaren Untersuchung des Ursprungs eine sichere Antwort zu erwarten, und jedes noch so sinnreiche Speculieren ist eine unnütze Bemühung. Wo sich in der Physik etwas durch das Experiment, in der Astronomie durch Beobachtung ermitteln läfst, da würde es in diesen Fächern Niemand gestattet sein, eine noch so wohlbegründete Hypothese als Entscheidung der Frage auszugeben. Warum nicht auch in der Botanik?

Von der Unsicherheit jener morphologischen Methode gibt uns die Zahl der einander widersprechenden Ansichten, wozu dieselbe z. B. in der Lehre von der Grasfrucht geführt hat, ein lebendiges Bild für den schlüpfrigen Boden jener Erklärungsart, für die Trüglichkeit jener Schlüfse gibt es keinen schlagenderen Beweis als der vorliegende Fall der Grasblüthe. In der Deutung der *paleae* haben zwar einige jener Forscher das Rechte getroffen — zufällig, oder befser gesagt: durch ein richtiges Gefühl (welches aber auf keine objective Anerkennung Anspruch machen kann), — in der Deutung der *squamulae* und der Frucht haben sie, wie die Entwickelungsgeschichte ausweist, fast ohne Ausnahme fehlgerathen; alle ihre Gründe, die besten wie die schlechtesten, haben sich als nichtig erwiesen. Sollte das nicht eine lehrreiche Erfahrung sein?

Doch ich darf wohl nicht voraussetzen, dafs die Richtigkeit meiner Resultate sofort die Anerkennung finden werde, wie ich selbst daran glaube. Man wirft mir die Trüglichkeit in dem Entwickelungsstudium selbst ein, zwischen zwei Beobachtern eines und desselben Gegenstandes sei es trotz der gleichen Methode zu einem Widerspruch gekommen. Die Typologen haben sowohl in Beziehung auf die *paleae* als auf die *squamulae* die Entwickelungsgeschichte für sich, das eine Mal nach meinen, das andere Mal nach Schleiden's Beobachtungen, und nur in der Fruchtdeutung gruppieren sich die Ansichten auf eine dritte Weise. — Ich leugne nicht, dafs die Entwickelungsgeschichte ebenfalls ein Feld für Irrthum und Willkür darbietet, — so gut als jede andere Beobachtungsweise; und die auf diesem Wege gewonnenen Resultate werden ebenso gut als andere empirische Forschungen erst mit der Zeit,

indem sie durch mehrere Hände gegangen sind, Bewährung und allgemeine Anerkennung finden. Auch beim einfachen Mefsen, Zählen oder Wiegen kommen Abweichungen zwischen zwei Personen vor, und doch wird Mefsen, Zählen und Wiegen der einzig richtige Weg bleiben, die Gröfse eines Körpers zu bestimmen.

Ich theile meine Ergebnisse über die Grasblüthe mit in dem festen Vertrauen, dafs sie richtig sind, — ist es nicht so, so kann ich nur in der Beobachtung geirrt haben, und deshalb kann eine Berichtigung oder Widerlegung auch nur an diese geknüpft, mithin nur auf dem Weg der Entwickelungsgeschichte versucht werden.

Abgesehen von der Unsicherheit hat die bestrittene Methode noch eine andere Seite. Es handelt sich nämlich im Grunde nicht um ein unbefangenes wenn auch unergiebiges Betrachten der einzelnen Erscheinungen, sondern um die Geltendmachung eines von aufsen herzugebrachten Gesetzes, dadurch dafs man dasselbe in den Erscheinungen zu bestätigen versucht. Man weifs schon vorher, was man in den Erscheinungen finden will, ehe man sie untersucht hat. Und woher werden diese Gesetze genommen? Einerseits durch die Analogie aus anderen Abtheilungen des Pflanzenreichs, andrerseits aus dem Typus derjenigen Abtheilung, deren Gestalten man erforschen will. Ich erkenne nicht nur an, dafs die Typen etwas in der Natur Gegebenes sind, und dafs wir ohne die Typen die Natur nicht vollkommen verstehen, sondern auch dafs die Betrachtung der Verwandtschaftsverhältnisse und die Voraussetzung eines gewissen Gleichbleibens der Natur in ihren Bildungsgesetzen wichtige Fingerzeige für das Verständnis der einzelnen Erscheinungen geben kann. Analogie und typische Betrachtung haben die Wifsenschaft ebenso gefördert als der Gebrauch der Hypothese auf einem anderen Gebiet. Aber man soll aus dieser mehr subjectiven und unbestimmten Auffafsung von Verwandtschaften zweier Gruppen sowie von dem allgemeinen Charakter einer einzelnen Gruppe kein Gesetz für die einzelne Erscheinung ableiten. Die empirischen Naturgesetze kommen für unsere Erkenntnis aus der Erkenntnis der einzelnen Erscheinung, nicht diese aus jenen*). Dieser falsche Weg mufs aber nothwendig zu einer unvollkommnen und einseitigen Auffafsung der Natur führen. Wollte man die Uebertragung der Gesetze z. B. aus den *Cyperaceae* auf die Gräser

*) Röper, welcher „die Methode der Typen" am meisten mit Bewufstsein ausgebildet hat, hebt zwar sehr ausdrücklich hervor, dafs das Reich der Typen kein unbegrenztes sei (a. a. O. S. 133), aber ich glaube eben, dafs er so gut wie Andere in der Anwendung selbst diese Grenze überschreitet.

in der Weise, wie man es in einzelnen Punkten thut, noch consequent weiter ausdehnen, — wo würde am Ende der eigenthümliche Charakter jeder der beiden Familien bleiben? Darin offenbart sich ja gerade der wunderbare Reichthum der Natur in ihren Gestalten am meisten, dafs die Gestalten nicht blofs als unzählige unwesentliche untereinander verschwimmende Modificationen, sondern vielmehr in einer Anzahl von selbständig und eigenthümlich ausgeprägten Typen erscheinen. Verliert die Natur etwas an ihrer Gesetzmäfsigkeit und Einheit, gewinnt sie nicht vielmehr zugleich an Freiheit und Mannigfaltigkeit, wenn die Gräser nicht mit einer Blüthendecke versehen sind wie die meisten anderen Monokotylodenen, wenn das Pistill eingliedrig und nicht mehrgliedrig wie das der Cyperaceen ist? — Auch dem einzelnen Organ zeichnet die Methode der Typen das theils aus dem allgemeinen Typus derselben Pflanze, theils aus der Analogie mit demselben Organ bei anderen Pflanzen abgeleteite Gesetz seiner Bildung gebieterisch vor. Einförmigkeit ist das Axiom, von welchem diese Methode ausgeht. Aber die Natur spottet der Theorieen durch eine um so reichere Mannigfaltigkeit, welche sie denen eröffnet, die sich voraussetzungslos und unbefangen direct an sie wenden. Würde es wohl je der Methode der Typen gelungen sein, den überraschenden Reichthum der Architektonik, den die Natur in dem scheinbar einfachsten und einförmigsten und überdiefs am meisten in die Schemata der Morphologen eingezwängten aller Pflanzenorgane, dem Pistill aufgewendet hat, aufzuschliefsen, wie es der Entwickelungsgeschichte besonders durch Schleiden's und in neuester Zeit durch Buchenau's*) Untersuchungen vorbehalten ist?

3. Entwickelung der ganzen Blüthe.

Da im Vorhergehenden jedes Organ für sich in seiner Entwickelung dargestellt wurde, so scheint es angemefsen, um sich ein Gesammtbild von der Blüthe während des ganzen Verlaufs zu verschaffen, noch einmal die Blüthentheile in den Entwickelungszuständen, welche sie in jedem der aufeinanderfolgenden Stadien gleichzeitig darbieten, zusammenzustellen. Als Beispiel diene *Poa annua*.

1. Blüthendurchmefser $1/_{14}'''$. *Palea sup.* als niedriger Wall, die beiden Ränder verlaufen nach vorn flach, die *squamulae* fehlen noch, Staubfäden und Axenende erscheinen als rundliche unausgebildete Hügel.

*) Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Pistills, 1851

2. Blüthendurchmefser $1/12'''$. Die *palea superior* in der Mitte bereits eingebogen, zu beiden Seiten, den Staubfäden entsprechend nach aufsen gewölbt und der Rand an diesen Stellen etwas höher als in der Mitte. Nach vorn erstreckt sich die junge Spelze bereits weiter und bildet vorn in zwei sanften Erhebungen die Anfänge der *squamulae*. Die Antheren sind vierkantig, noch ohne Träger. Das Pistill erscheint als ein niedriges Carpell, das Axenende nach vorn halbringförmig umgebend, mit demselben von gleicher Höhe. Anthere und Pistill sind ungefähr gleichhoch, über die *palea superior* etwas hervorragend.

3. Blüthendurchmefser $1/10'''$. Die *palea superior* etwas gröfser als oben, nach vorn ausgeschweift, so dafs die *squamulae* als Erweiterungen der vorderen Ränder erscheinen. Die Antheren wenig oder gar nicht gestielt, die Fächer schärfer ausgeprägt, die linke und rechte Hälfte unten stark auseinanderweichend. Das Pistill $1/16'''$—$1/20'''$ im Durchmefser und etwa ebenso hoch, nach oben keilförmig erweitert; das Carpell umfafst die Axe ringsum, auch auf der inneren Seite wallartig hervortretend, während nach vorn sich der Rand als zwei Spitzen zu erheben beginnt. Das Axenende ragt noch hervor.

4. Blüthendurchmefser $1/7'''$. Die *palea superior* wenig verändert; von zarter Beschaffenheit, die beiden Kiele stumpf, am Rand als zwei sanfte Erhebungen hervortretend. Die *squamulae* mehr gesondert. Die Antheren mit kurzem Träger und stark hervortretenden Fächern. Das Pistill hat im Vergleich zur Dicke an Höhe zugenommen, nach unten mehr abgerundet, die beiden Griffel treten mehr hervor, durch eine tiefe Bucht nach vorn getrennt.

5. Blüthendurchmefser $1/6'''$—$1/5'''$. Die *palea superior* bedeutend vergröfsert, den inneren Blüthentheilen gleich oder noch höher; die Kiele scharf. Die *squamulae* zugespitzt, von einander und von den vorderen Rändern der *palea* durch einen spitzen Winkel getrennt. Die Staubfäden mit deutlichem Filament, die Antheren bisher gleichhoch und dick, strecken sich jetzt in die Länge, doppelt so lang als dick, $1/7'''$ lang. Das Pistill, bisher etwas gegen die anderen Theile zurückgeblieben, hat jetzt schnell von $1/12'''$ bis $1/6'''$ zugenommen; es ist, besonders nach aufsen, bauchig gewölbt, die Oeffnung mehr geschlofsen, die Griffel gerade aufgerichtet stielartig verlängert, an Länge dem Fruchtknoten wenigstens gleichkommend. Papillenbildung beginnt an der Spitze mit wafserhellen Zellen, nach und nach bis zur Basis herabreichend. Die Griffel in gleicher Höhe mit den Staubfäden. — Am Eichen treten zwei Integumente auf.

6. Anthere $^1/_6$''', Träger $^1/_{10}$''' lang, — Ovarium $^1/_{10}$''', Griffel $^1/_7$''' lang, der Länge nach von unten an mit Papillen besetzt, deren unterste sich bereits durch Zellenbildung haarartig ausbilden.

7. Anthere $^1/_3$''', Träger $^2/_3$''' lang; das Verhältnis beider Theile hat sich also gegen das vorige Stadium fast umgekehrt. — Ovarium $^1/_7$''', Griffel $^1/_5$''' lang; die fiederig gestellten Haare $^1/_7$''' lang, die Zellen derselben bereits alle gebildet.

8. Stadium des Blühens. *Palea superior*, zweikielig, zweinervig, zweispitzig, etwas über 1''' lang, die *squamulae* hängen auch jetzt noch mit der Spelze, sowie unter sich, zusammen — Anthere $^1/_2$''' lang, die beiden Hälften oben und unten stark auseinandergespreizt, Filament zart fadenartig, länger als die Spelze; — Ovarium $^1/_3$''', Griffel $^2/_3$''', Fiederhaare $^1/_3$''' lang, die Griffel abstehend seitlich aus der Blüthe heraustretend. Nach der Befruchtung nimmt das Ovarium schnell bis 1''' an Länge zu, und zwar in der Länge mehr als in der Dicke.

Erklärung der Abbildungen*).

Tab. IV.

1 — 2. *Poa nemoralis.*

1. Eine junge Rispe von $\frac{1}{4}'''$ Länge, nur die Haupt-Rispenäste angelegt, aus den Achseln der schon vorher vorhandenen Bracteen (*b*); am Grund sind einige scheidenartige Blätter, deren unterste die ganze Rispe einhüllten, weggenommen. Einige Rispenäste entwickeln bereits die secundären Bracteen (*b'*) (für die Aehrchen). — 2. Ende eines weiter entwickelten Rispenastes mit zwei Aehrchen, das Ganze $\frac{1}{2}'''$ lang. Die Blüthen in verschiedenen Stufen der Ausbildung, die unterste bereits mit *palea sup.* und Staubfäden, die oberste als einfacher Hügel in der Achsel einer *palea inf.*

3 — 13. *Poa annua.*

3. Ringförmige Auftreibung des Gewebes an einem $\frac{1}{14}'''$ dicken Rispenast als Anfang der Bracteenbildung am Grund eines secundären Rispenzweiges, — in einem Stadium, wo die ganze Rispe nur $\frac{1}{2}'''$ lang ist; — 4. Blüthe $\frac{1}{14}'''$ Durchmefser; *palea sup.* noch ohne *squamulae*; — 5. Blüthe $\frac{1}{10}'''$ Durchmefser, von oben gesehen. Anfänge der *squamulae* als Erweiterungen der vorderen Ränder der *p. s.* Erstes Auftreten des Carpells. — 6. Blüthe, etwas jünger, $\frac{1}{12}'''$ Durchmefser von unten gesehen; *squamulae* als Theile der *p. s.*; — bei *o* der Befestigungspunkt der Blüthe. — 7. Blüthe von oben, etwas weiter entwickelt als 5. (Antherenfächer stark auseinanderweichend, Carpell rings um das Axenende emporgehoben, Anfang von zwei Spitzen am Rande). — 8. Ovarium von innen gesehen, $\frac{1}{20}'''$ breit und hoch. 9. Desgleichen, $\frac{1}{12}'''$ hoch, an den beiden Spitzen bereits wafserhelle Spitzen (Anfang von Papillenbildung). — 10. Desgleichen, $\frac{1}{10}'''$ hoch — 11. Blüthe von aufsen; — Pistill $\frac{1}{6}'''$ lang, grofse Narbenpapillen, das grundständige Eichen mit zwei Integumenten scheint durch — 12. Narbenhaar $\frac{1}{7}'''$ lang. — 13. Ausgebildete Blüthe.

---

*) Die Zahl der Abbildungen hätte aus den der vorliegenden Abhandlung zu Grunde liegenden Beobachtungen leicht um das Vierfache vermehrt und dadurch noch vollständigere Entwickelungsreihen dargestellt werden können. Doch war Beschränkung nöthig und es würde selbst eine noch kleinere Zahl als die hier gegebene für den Hauptzweck genügen, wenn nicht das Bestreiten entgegengesetzter Ansichten stets einen gröfseren Aufwand an Beweismitteln auferlegte, als es bei der ersten Bearbeitung eines Gegenstandes erforderlich ist.

14 — 28. *Bromus arvensis.*

14. Das Ende eines jungen Aehrchens mit den zwei obersten rudimentären Blüthen; die untere ($\frac{1}{14}'''$ Durchmesser) mit den ersten Anlagen der *p. s.* und den Staubfäden, die obere nur als formlose Anschwellung oberhalb der *p. i.* als Stützblatt. — 15. Blüthe, $\frac{1}{10}'''$ Durchmesser, Antheren etwas mehr hervortretend als in Fig. 14. — 16. Blüthe $\frac{1}{7}'''$ Durchmesser, von innen gesehen. — 17. *Palea inf.* von einem 1''' langen Aehrchen, mit gleichlanger Granne, im Grund die viel kleinere Blüthe *fl.* verbergend. — 18. Dieselbe weiter entwickelt ohne die Granne $\frac{1}{5}'''$ hoch, die Granne $\frac{2}{7}'''$ lang. — 19. Dieselbe $\frac{4}{7}'''$ hoch, die Granne $1\frac{1}{7}'''$, mit langen Papillen. — 20. Axenende (*t*) einer $\frac{1}{5}'''$ breiten Blüthe, mit beginnender Carpellbildung $\frac{1}{16}'''$ Durchmesser, *a* die vordere Anthere von oben gesehen. — 21. Blüthe $\frac{1}{7}'''$ hoch, von innen gesehen; *p. s.* $\frac{1}{17}'''$ hoch, Staubfäden $\frac{1}{10}'''$ hoch, Ovarium $\frac{1}{14}'''$ hoch. — 22. Dieselben von aufsen gesehen; die *squamulae* als ohrförmige Erweiterungen der vorderen Ränder der *p. s.* — 23. Blüthe von aufsen, nach Entfernung der *p. i.* — 24. Ovarium von innen, $\frac{1}{8}'''$ Durchmesser. — 25. Ovarium $\frac{1}{12}'''$ Durchmesser, mit hervorragendem Axenende. — 26. Ovarium $\frac{1}{12}'''$ Durchmesser, mit stärker gehobenen Narben. — 27. Ovarium $\frac{1}{7}'''$ hoch. — 28. Ovarium, die Höhle oben fast geschlossen.

29 — 29[a]. *Glyceria fluitans.*

29. Blüthe aus dem endständigen Aehrchen einer Rispe, von innen. — 29[a]. Ein seitenständiges Aehrchen, $\frac{3}{4}'''$ lang, aus derselben Rispe.

30 — 36. *Apera Spica venti.*

30. Blüthe $\frac{1}{8}'''$ Durchmesser, von unten gesehen, x = das rundliche Ende der Aehrchenspindel, an welcher die Blüthe seitlich entspringt, zwischen der *pal. sup.* und *inf.* — 31. Staubfäden aus einer $\frac{1}{6}'''$ breiten Blüthe; Anthere $\frac{1}{8}'''$, Filament $\frac{1}{16}'''$, *A* von innen, *B* von aufsen gesehen. — 32. Junges halbringförmiges Carpell von oben. — 33. Dasselbe etwas weiter, $\frac{1}{27}'''$ grofs, von innen. — 34. Ovarium aus derselben Blüthe wie die Staubfäden Fig. 31, von innen und oben gesehen, $\frac{1}{20}'''$ Durchmesser, $\frac{1}{12}'''$ hoch. — 35. Blüthe $\frac{2}{7}'''$ hoch, Ovarium $\frac{1}{10}'''$ hoch. — 36. Blüthe in der bedeutend vergröfserten *p. i.* verborgen, dieselben mit 5''' langer Rückengranne, deren Endstück darneben gezeichnet ist.

37 — 38. *Avena.*

37. *A. sativa*; *palea sup.* mit den *squamulis* als ohrförmigen Erweiterungen. — 38. *A. fatua*, Blüthe $\frac{1}{3}'''$ hoch.

Tab. V.

1 — 15. *Secale cereale.*

1 — 4, 8 — 13. Verschiedene Stufen der Ausbildung der Frucht; 1. von oben; — 2 und 3. von innen gesehen; — 4. von aufsen, weiter entwickelt, das grundständige Eichen angedeutet, vorn der $\frac{1}{2}'''$ lange vordere Staubfaden mit $\frac{1}{8}'''$ langem Filament, — am Grund die *squamulae.* — 5. Blüthe mit der *p. s.* und deren vorderem als *squamulae* erweiterten Rand, von der Seite gesehen. — 6. Die *p. s.* mit den damit zusammenhängenden *squam.* aus der ausgebildeten Blüthe. — 7. Dasselbe mit dem vorderen Staubfaden von aufsen gesehen. — 8. Frucht aus dem Stadium der Blüthe, von vorn. — 9. Dieselbe mehr vergröfsert auf einem symmetrischen Längsschnitt, das Eichen an der hinteren Wand befestigt, mit der Spitze nach vorn und unten gerichtet. — 10. Befruchtetes Ovarium $\frac{1}{2}'''$ hoch, von hinten gesehen, mit einer Furche, der Anheftung des Eichens entsprechend, bei *h* der Fruchtnabel, nach unten eine zapfenförmige Fortsetzung. — 11. Dasselbe von der Seite, die gekrümmte Seite nach aufsen. —

— 12. Frucht vor der Reife, 2''' lang, Furche und Nabel wie Fig. 10, *m* Grübchen in der zapfenförmigen Fortsetzung, der *micropyle* des Samens entsprechend. — 13. Dasselbe von der Seite gesehen. — 14. Amylumkörner aus den Endospermzellen, theils frei (*b*), theils in langen zarten Zellen (*a*). Membran der Körner bei Behandlung mit Jod farblos, der Inhalt blau. — 15. Pollen aus der unreifen Anthere. Specialmutterzellen $1/_{30}$''', *a*, *b*, *c* verschiedene Stufen in der Entwickelung der Pollenzelle; *d* die obere Hälfte von *b* vergröfsert. —

16 — 19. *Hordeum vulgare.*

16. Ein Zweig mit drei einblüthigen Aehrchen von innen gesehen, *A* das endständige, *B*, *B* die beiden seitenständigen Aehrchen. Der gemeinschaftliche Stiel unterhalb der Aehrchen etwas knollig verdickt; die Axe endigt als freie kegelförmige Spitze (*x*) innerhalb des End-Aehrchens an der Basis der *p. sup.* — 17. Das endständige Aehrchen der vorigen Figur von aufsen betrachtet. — 18. Ovarium etwas weiter entwickelt als in Fig. 16, $1/_7$''' hoch. — 19. Blüthe von innen gesehen.

20 — 34. *Zea Maïs.*

20. Männlicher Blüthenstand $1\,1/_2$''' lang, eine mittlere Aehre, am Grund in fast gleicher Höhe von sechs kleineren umstellt. — 21. Weibliche Aehre, 4''' lang, die Aehrchen in spiralig aufsteigenden Reihen. — 22. Junge weibliche Blüthe von innen gesehen, mit den *paleis* $1/_7$''' hoch, mit zwei alternierenden dreigliedrigen Wirteln (*a a a* und *b b b*) von rundlichen Höckern = Rudimente von Staubfäden, Axenende *t* abgerundet. — 23. Blüthe von oben gesehen, $1/_6$''' Durchmefser. Anfang der Carpellbildung. — 24. Dasselbe, etwas weiter entwickelt, das Axenende *t* ringsum vom Carpell umfafst; *a' a'' a'''* die drei äufseren Staubfäden. In Beziehung auf die übrigen Theile bin ich in der Deutung des vorliegenden Präparates nicht ganz sicher. Entweder ist *p i* die äufsere, *q* die innere *gluma*, *v* die äufsere, *y y* die innere *palea*, — oder *p i* ist die äufsere *palea*, *y y* die innere; alsdann ist *q* das Axende (*flos secundus*), *z* der innere Staubfaden des zweiten Kreifses (*b* in Fig. 22), *v* würden für die beiden anderen Staubfäden desselben Kreifses zu halten sein, wenn sie nicht tiefer als *a*, *a*, *a* lägen, — oder = *squamulae* zu *y y* gehörig. — 25. Blüthe von innen $1/_6$''' breit, etwas weiter entwickelt als 24. — 26. Das zweiblüthige Aehrchen von der Seite, rechts die weibliche Blüthe mit dem etwas weiter entwickelten Pistill und dem äufseren Staubfaden, links die verkümmernde Gipfelblüthe (*fl'*) — 27. Weibliche Blüthe von innen. — 28. Dieselbe, älter, nach vorn das Rudiment der Gipfelblüthe *fl'*. — 29. Ebenso, noch älter, 1''' lang. — 30. Symmetrischer Längsschnitt durch ein $1\,1/_2$''' langes Aehrchen. — 31. Weibliche Blüthe zur Blüthezeit von der Seite, die Spelzen dicht anliegend, der 9'' lange Griffel abgeschnitten. — 32. Dieselbe stärker vergröfsert von aufsen. — 33. Dieselbe von innen gesehen. — 32*. Zweischenkliges Ende des Griffels. — 34. Querschnitt durch den Griffel mit zwei Gefäfsbündeln.

35 — 40. *Oryza sativa.*

35, 36, 38. Blüthe von oben, in verschiedenen Stufen der Entwickelung, an der mittleren Blüthenaxe (35) treten nacheinander drei Staubfäden *a a a* (36), damit abwechselnd ein innerer Kreifs *b b b* (38) auf. — 37. Einblüthiges Aehrchen mit endständiger Blüthe, $1/_3$''' breit. — 39. Staubfaden von aufsen. — 40. *Palea sup.* mit den *squamulis* aus der fertigen Blüthe.

41 — 43. *Alopecurus geniculatus.*

41. Aehre, $1/_2$''' lang, am Grund mit mehren niedrigen Scheiden. — 42. Blüthe $1/_{13}$''' Durchmefser, aus einer 1''' langen Aehre. — 43. Etwas weiter entwickelt. — 44. Noch älter. — 45. Staubfaden daraus. — 46. Ovarium aus derselben von der Seite gesehen.

V.

Versuche über das

Richtungsgesetz der Pflanze beim Keimen.

Der durchgreifendste unverwischbare Gegensatz an der Pflanze ist der zwischen dem Blätter und regelmäfsig angeordnete Sprofse tragenden Stengel und der beides entbehrenden Wurzel. Mit dieser morphologischen Polarität hängt aufs innigste ein physiologischer, fast ebenso scharfer, Unterschied dieser beiden Theile zusammen, indem der Stengel seiner Function nach vorzugsweise für Luft und Licht, die Wurzel fast ausschliefslich für das feuchte und dunkele Medium bestimmt ist. Und wenn nach dem bekannten Experiment der umgekehrten Weide die beiden Pole sich bis zu einem gewissen Grade gegenseitig vertauschen können, so wird doch damit die ganze Pflanze an der Entfaltung ihres eigentlichen Wesens verhindert, — und in der Natur selbst kommt eine solche Verkehrung niemals vor; ein tiefer Instinct leitet die Pflanze, jeden ihrer Pole in das Medium, für welchen derselbe bestimmt ist, die Wurzel in den Boden, den Stengel nach oben zu richten. Da aber die Pflanze vermöge ihrer Passivität unfähig ist, sich aus einer etwa durch Zufall verkehrten Lage umzuwenden, wie das genannte Experiment beweist, so mufs sich dieser Instinct bereits bei der ursprünglichen Einpflanzung geltend machen; und wirklich ist gerade jener Trieb, welcher das aus der Samenhülle hervorbrechende Würzelchen bestimmt, das ihm allein zusagende Medium aufzusuchen, nicht nur die erste Lebensäufserung des zu einem selbständigen Dasein erweckten Gewächses, — merkwürdiger Weise ist auch dieser Trieb gerade in diesem frühsten Stadium am bestimmtesten ausgeprägt, so dafs das zarte Würzelchen des Keimlings, mag auch die ihm durch die zufällige Lage des Samens ursprünglich gegebene Richtung sein welche sie wolle, den diesem Organ angewiesenen Weg entschiedener und kräftiger als der mächtigste Eichbaum verfolgt.

Was uns hier als ein den Polen der Pflanze angeborener Trieb erscheint, das mufs nach der Aufgabe der Wifsenschaft auf einen bestimmten Ausdruck gebracht, d. h. als nothwendige Wir-

kung der durch die eigenthümliche Organisation der Pflanze modificierten Naturkräfte dargestellt werden. In der That ist man dem eigentlichen Gesetz jener Richtungserscheinung bis zu einem gewissen Punkte auf die Spur gekommen. Gleichwohl schien mir eine nochmalige Prüfung und Erweiterung aller in dieser Beziehung angestellten Versuche und Beobachtungen an der Zeit zu sein, theils um die Erscheinung selbst genauer festzustellen, theils um jenes bekannte, aber nicht gerade allgemein mit Sicherheit anerkannte Gesetz zu bestätigen, in der Anwendung desselben wo möglich einen Schritt weiter zu gehen, insbesondere aber von Neuem die Aufmerksamkeit der Botaniker auf dieses wichtige Problem der Physiologie zu lenken.

1. Die Lage des keimenden Samens ist ohne Einfluſs auf die Richtung des Wachsthums.

Man mag den keimenden Samen in eine Lage bringen wie man will, das Wurzelende nach unten, seitwärts oder nach oben, — stets beginnt das Würzelchen, sobald es hervortritt, sich nach unten zu richten. Eine Grenze scheint diese Regel zu finden, wenn das hervortretende Würzelchen ganz genau senkrecht nach oben gerichtet ist. Ich suchte dieſs auszumitteln, indem ich mehrere Erbsen, welche auf dem Punkt standen, die Keimung zu beginnen, in einen horizontalen Boden von Wachs oder feinem Sand in einer solchen Lage eindrückte, daſs die Wurzelspitze möglichst genau nach oben gerichtet war. Bei der in einer feuchten Atmosphäre (unter einer Glasglocke) stattfindenden Keimung krümmten sich zwar die meisten Würzelchen unter einem mehr oder weniger kurzen Bogen nach unten, einzelne derselben behielten dagegen jene Richtung bei, indem sie bis zu einer Länge von mehr als 1 Zoll senkrecht emporwuchsen und erst dann sich mit der Spitze rasch nach unten krümmten. Es ist gleichsam eine Erscheinung von labilem Gleichgewicht, und ich schlieſse aus diesem Versuche, daſs die Wurzel die senkrechte Richtung nach oben nicht verlaſsen würde, wenn es möglich wäre, dieselbe von Anfang an absolut genau nach oben zu richten. Die geringste Abweichung aus der Senkrechten oder die geringste Erschütterung muſs das Gleichgewicht stören, ebenso wie es schwierig ist, einen Stab, dessen oberes Ende einen schweren Körper trägt, einige Zeit vertical in Ruhe zu erhalten.

Um einen höheren Grad von Genauigkeit zu erreichen, als es auf obige Weise möglich ist, bediente ich mich des Wachsthums selbst mit seiner gesetzmäſsigen Richtung nach unten, indem ich

nach einem später zu erwähnenden Versuche bei einer Anzahl von Oelsamen (*Brassica Napus oleifera*) und Kreſsesamen (*Lepidium sativum*) auf einem möglichst genau, horizontal gerichteten, hängenden Keimboden die sich entwickelnden Würzelchen Anfangs eine senkrechte Richtung nach unten annehmen lieſs, und dieselben alsdann, durch Umkehrung des Keimbodens ebenso genau vertical nach oben richtete, als sie sich durch ihr eigenes Streben vorher nach unten gerichtet hatten. Gleichwohl schien auch diese Genauigkeit noch nicht zu genügen, indem sämmtliche Würzelchen nach einiger Zeit mit der Spitze und zwar nach verschiedenen Seiten in kurzer Krümmung überbogen, um nach unten zu wachsen. Durch die ebengenannten und ähnliche Versuche läſst sich erkennen, daſs das Streben der Wurzel, nach unten zu wachsen, nicht nur beim ersten Austritt aus dem Samen, sondern auch noch weiterhin bleibt. Dadurch daſs man den Keimboden abwechselnd, nachdem man dem Würzelchen jedesmal einige Zeit gelaſsen hat, sich um ein Stück zu verlängern, um 90° oder 180° gegen den Horizont herumdreht, kann man die Würzelchen beliebig im Zickzack hin- und herwachsen laſsen. Wie lange und in welchem Grade sich dieses Streben der Wurzel auch bei ihrer ferneren Entwickelung erhält, ist schwer zu bestimmen, jedenfalls folgt aus der Richtung der meisten älteren Wurzeln, daſs dasselbe später nicht mehr so entschieden sein mag als in dem ersten Stadium.

Wie das Würzelchen nach unten, so strebt umgekehrt der entgegengesetzte Pol der Keimpflanze, der sich aus der *plumula* entwickelnde Stengel bei jeder Lage des Samens nach oben und bildet deshalb bei einem mit der *radicula* aufwärts gerichteten Samen ebenso einen aufsteigenden Bogen, wie die Wurzel einen absteigenden*).

2. Das Richtungsgesetz gilt für Haupt- und Nebenwurzeln.

Das Streben, nach unten zu wachsen, kommt nicht nur der Hauptwurzel, als dem polaren Gegensatz des aufsteigenden Stengels, sondern allen Wurzelorganen in gleicher Weise zu. Denn

*) Als eins der durchgreifendsten Gesetze im Pflanzenleben gilt das auf der Lage des Embryos im Samen beruhende Gesetz, wonach beim Keimen stets das Würzelchen zuerst aus der Samenhülle hervorbricht. Indes ist mir eine Ausnahme hiervon begegnet an einem Samen von *Brassica Napus*, aus welchem umgekehrt zuerst die Cotyledonen heraustraten, während die *radicula* mit der Spitze noch im Samen eingeschloſsen blieb.

wie die *radicula* bei den Dicotyledonen, so verhalten sich die bei den Monocotyledonen allein sich entwickelnden Nebenwurzeln, z. B. bei keimenden Getreidekörnern, — und selbst an den am oberirdischen Stengel entspringenden Nebenwurzeln, den Luftwurzeln von *Pothos, Pandanus,* vor Allem an den tropischen *Ficus-* und *Mangle-*Bäumen sehen wir, dafs diesen Organen das Streben nach unten auch in älteren Lebensstadien der Pflanze innewohnt.

Es erstreckt sich diese Eigenthümlichkeit auch auf die einzelligen Nebenwurzeln oder die Wurzelstelle vertretenden Haare, z. B. an den Vorkeimen der höheren Kryptogamen. Wenn man *Equisetum*-Sporen auf Wafser keimen läfst, so wachsen die an dem Vorkeim entspringenden haarförmigen Zellen ohne Ausnahme senkrecht nach unten und bilden einen wahren in das Wafser eindringenden Wald von Wurzeln. Noch evidenter erscheint das Gesetz bei den auf Erde sich entwickelnden Vorkeimen der Farne; denn bei ihnen richten sich die zahlreichen auf der Unterseite entspringenden Wurzelhaare, selbst wenn sie eben erst als kurze Härchen zum Vorschein kommen, streng nach unten, obgleich die Fläche, an welcher sie entspringen, wie oben S. 39 erwähnt wurde, im Anfang mehr oder weniger steil aufgerichtet ist, und obgleich der Boden, welchem sie entgegenwachsen, von ihnen entfernt liegt.

3. Die Intensität des Wachsthums nach unten.

Um sich eine Vorstellung von der Kraft zu machen, mit welcher das Wachsthum der Wurzel nach unten erfolgt, braucht man nur an den Widerstand zu denken, welchen dieses zarte Theilchen in dem oft sehr festen Boden, welcher durchbohrt, und in den bedeutenden Hindernissen z. B. Steinchen, welche zuweilen verdrängt werden müfsen, findet. Mehr in die Augen fallend ist der Versuch, wenn man Samen (z. B. Erbsen, Krefse, Weizen) auf einer dicken Lage von feuchtgehaltenem Druckpapier keimen läfst; die Wurzeln durchbohren alsdann mit ihrer Spitze wie Nadeln die ganze Schicht von Papier, wobei doch auch in den verwebten und verklebten Fasern ein nicht unbedeutender Widerstand überwunden werden mufs. Noch überraschender aber, wenn auch wegen der Verschiebbarkeit der Theile im Grund viel weniger wunderbar, ist es, wenn wir sehen, wie Samen, die man auf der Oberfläche von Quecksilber zum Keimen bringt, ihre Wurzeln in das schwerere Fluidum hineinsenken. Pinot und Mulder, welche diesen Versuch zuerst 1829 anstellten, befestigten dabei den Samen selbst;

Dutrochet dagegen, welcher das Samenkorn frei auf dem Quecksilber schwimmen liefs, fand, dafs das Würzelchen nur im Verhältnis zu dem Gewicht des Samens eindringe. Natürlich, wie könnte denn auch ohne einen Stützpunkt das Würzelchen durch sein, wenn auch noch so intensives Wachsthum den bedeutenden Widerstand überwinden! Mit dieser Ueberzeugung von der Unmöglichkeit des Gelingens wiederholte ich jenen Versuch, was ich nicht wagen würde einzugestehen, wenn derselbe nicht durch einen unzweifelhaften Erfolg gerechtfertigt würde. Ich stellte den Versuch an mit Krefsesamen, Oelsamen, Erbsen, Bohnen und Weizen, und zwar legte ich diese Samen erst, nachdem sie durch mehr oder weniger langes Aufweichen bis auf den Punkt der beginnenden Keimung gebracht waren, frei schwimmend auf die blanke und möglichst ruhig erhaltene Oberfläche des Quecksilbers, welche entweder mit einer dünnen Wafserschicht bedeckt oder auch ganz trocken war. Die Luft wurde durch eine das Quecksilbergefäfs bedeckende in das äufsere mit Wafser gefüllte Gefäfs gestellte Glasglocke feucht erhalten. — Bei allen genannten Arten, keineswegs aber bei allen Samenkörnern einer Art zeigte sich der nämliche Erfolg.

Sobald das Würzelchen aus dem Samen herausgetreten und, je nach der Lage des Samens, durch eine Krümmung nach unten die Fläche des Quecksilbers erreicht hat, bildet die Spitze in der letzteren eine leichte Vertiefung und wächst allmählich einige Linien, mitunter bis zu $1/2$ Zoll tief senkrecht in das Quecksilber hinein. Wie entschieden diese Richtung zuweilen trotz des bedeutenden Widerstandes verfolgt wird, zeigt sich unter anderen bei folgendem Versuche. In einer fast um 30° gegen die Senkrechte geneigten, einen halben Zoll starken, unten geschlofsenen Glasröhre (Tab. VI, 1) legte ich einige Krefsesamen auf das darin enthaltene Quecksilber und zwar in der Peripherie, wo das Quecksilber durch den Mangel von Adhäsion an der Wand ringsum eine Rinne bildet. Diejenigen Samen, welche an den beiden seitlichen Punkten der Peripherie lagen, wo die Seitenlinien der Wand mit der Oberfläche der Flüssigkeit einen rechten Winkel bilden, sandten ihr Würzelchen ziemlich senkrecht zwischen Glas und Quecksilber als auf dem ohnehin bequemsten Wege hinein, — ebenso wuchs das Würzelchen eines an demjenigen Punkt der Peripherie (*a*), wo die Seitenlinie mit der Oberfläche den spitzesten Winkel bildet, liegenden Samens zwischen Glas und Quecksilber hinein, und zwar wegen der Undurchdringlichkeit der Wand natürlich unter dem Winkel, welcher der Neigung des Gefäfses entsprach, jedoch mit dem bemerkenswerthen Umstande, dafs der Same selbst nicht wie oben auf der Oberfläche liegen

blieb, sondern während der Verlängerung der Wurzel um $1\frac{1}{2}'''$ über das Niveau emporgehoben wurde, offenbar als Wirkung des Widerstandes, welchen die senkrecht nach unten strebende Wurzelspitze an der sich dieser Richtung zum Theil entgegensetzenden geneigten undurchdringlichen Wand fand. Von einem Samen endlich, welcher an dem entgegengesetzten Punkt (*b*) der Peripherie lag, wo die Wand mit der Oberfläche des Quecksilbers den gröfsten stumpfen Winkel bildet, wuchs die Wurzel, den bequemeren Weg zwischen Wand und Inhalt verschmähend und vielmehr ihrem Streben nach unten treu bleibend, trotz des gröfseren Widerstandes, senkrecht in das Quecksilber hinein. — Bei den übrigen Versuchen wurde ein weites, horizontales Quecksilbergefäfs angewandt. Auch hier trat das senkrechte Wachsen der Wurzel natürlich am meisten bei solchen Samen ein, welche an der Wand lagen. Von den mitten auf der Oberfläche befindlichen senkten manche ihre Wurzel unter einem schiefen Winkel in die Flüfsigkeit hinein, bei anderen wuchsen die Wurzeln zuerst senkrecht, dann aber, gleich als wenn ihre Kraft nicht hinreichte, um den mit der Tiefe zunehmenden Widerstand des Quecksilbers zu überwinden, mehr horizontal; bei manchen erhob sich sogar die Spitze zuletzt nach oben und trat über der Oberfläche heraus. Andere Wurzeln wuchsen eine Strecke (zuweilen 1 Zoll) weit auf der Fläche fort, bis es endlich nach längerem Kampf mit dem schweren Element der Spitze gelang, durch eine Krümmung nach unten das letztere zu überwinden und dem Zuge nach unten zu folgen; während endlich viele andere matt und träge sich, ohne überhaupt einzudringen, auf der Oberfläche fortschleppten, in Folge der wiederholten vergeblichen Versuche verschiedene Krümmungen bildend. — Es scheint hiernach den verschiedenen Individuen einer Art ein ungleiches Maafs von Kraft in Beziehung auf die Tendenz der keimenden Wurzel nach unten inne zu wohnen. Andererseits mag aber auch häufig die Ursache des Mislingens von unserem Versuche in äufseren Störungen liegen. Wurzeln, welche bei senkrechtem Wachsthum endlich den undurchdringlichen Boden des mit Quecksilber (oder in anderen Versuchen mit feinem Sand) erfüllten flachen Gefäfses erreichten, stemmten sich beim weiteren Wachsthum gegen denselben und hoben, wie bei dem oben beschriebenen Fall des geneigten Gefäfses, den Samen resp. die Cotyledonen über die Oberfläche empor (eine Erscheinung, welche bei manchen Samen bekanntlich schon im freien lockeren Erdboden stattfindet, z. B. *Allium*, *Poa annua*). Aber auch, wenn die Wurzel senkrecht und ungehindert in das Quecksilber hineinwächst, er-

leidet diefs insofern eine Beschränkung, dafs die Wurzel mit ihrem oberen Theil etwas herausgehoben wird, indem der unten näher zu bezeichnende Grenzpunkt zwischen Wurzel und Stengel ein Stück über das Niveau der Flüfsigkeit hervorragt.

Was bei diesem Keimungsversuche ganz besonders auffallend scheint, ist die Beobachtung, dafs eine Wurzel, welche in das Quecksilber hineingewachsen war, herausgezogen und gleich darauf wieder hineingesteckt wurde, so tief eingesenkt blieb als sie es durch ihr Wachsthum gewesen war.

Man könnte sich etwa denken, dafs das Würzelchen als der spitzere nach unten gerichtete Theil des Samens durch sein eigenes und durch das Gewicht des mit demselben in steifer Verbindung anzunehmenden Samenkorns mechanisch etwas in das Quecksilber hineingedrückt werde. Bis zu einem gewissen Grade ist diese Erklärung allerdings richtig, insbesondere für schwerere Samen, wie die Bohne, wie man sich an einem aus Wachs geformten Phantom einer keimenden Bohne überzeugen kann, welches mit der dem Würzelchen entsprechenden Spitze ziemlich tief in das Quecksilber eindringt, jedoch nicht so tief als die lebendige Wurzel (4''' tief); noch viel weniger aber kann bei kleinen Samen (z. B. Krefse), wo das Korn selbst kaum einen wahrnehmbaren Eindruck auf der Oberfläche bildet, und zumal wenn das Würzelchen sich erst nach einer längeren Krümmung (wodurch die Steifigkeit noch mehr vermindert wird) in das Metall tief einsenkt, die Ursache in einem rein mechanischen Druck beruhen. — Man könnte auch auf den Gedanken kommen, dafs das kräftige Eindringen der Wurzelspitze in das Quecksilber durch eine vielleicht durch Ausscheidung gewisser Stoffe bedingte Adhäsion begünstigt werde, zumal da man häufig an den Wurzeln beim Herausziehen Quecksilber adhärieren sieht. Allein diefs sind stets solche Wurzeln, welche schon längere Zeit eingeschlofsen und in dem schädlichen Element wahrscheinlich mehr oder weniger abgestorben waren; an frischen und kräftig wachsenden Würzelchen hängt das Quecksilber niemals an, wie es auch an der Stelle des Eintritts stets eine Vertiefung um dieselben bildet. Vollständig widerlegt wird aber dieser Erklärungsversuch durch den Umstand, dafs sich die Wurzel gerade so wie auf dem Quecksilber auch in Medien der verschiedensten Art (Sand, Papier, Wafser etc.) verhält; und es läfst sich wohl kaum ein secernierter Stoff denken, welcher die Eigenschaft hätte, ebensowohl zwischen dem Quecksilber wie zwischen dem Wafser u. s. w. und der Wurzel eine Adhäsion zu vermitteln. Nicht dafs das Würzelchen eines keimenden Samens mit einer so

entschiedenen Tendenz nach unten und einer solchen Wachsthumskraft ausgerüstet ist, um selbst die viel schwereren Theilchen des Quecksilbers zu verdrängen, ist das Auffallende bei der Erscheinung, vorausgesetzt, dafs durch Befestigung des Samens ein Stützpunkt gegeben ist, sondern dafs die Erscheinung auch ohne Stützpunkt stattfindet; man sollte vielmehr erwarten, dafs, wie diefs bei vollkommen undurchdringlichem Boden oder auch bei manchen Samen in gewöhnlichem Erdreich geschieht, der ganze Samen von dem oberen Ende der Wurzel emporgehoben würde; oder, wenn auch diefs nicht möglich ist, der Samen vielmehr ruhig auf dem Keimboden liegen bleibt, dann müfste sich die durch Wachsthum an der Spitze stattfindende Verlängerung der Wurzel in der Bildung einer Krümmung der ganzen Länge nach äufsern, wie diefs bei vielen Samen in dem oben beschriebenen Experiment wirklich der Fall war. Dafs aber ein freiliegender Samen, welcher so sehr specifisch leichter ist als der Boden, um von demselben getragen zu werden, gleichwohl einen Theil in diesen Boden bis zu einer beträchtlichen Tiefe einsenkt, erscheint mir als ein bis jetzt ungelöstes mechanisches Paradoxon (nicht minder als Münchhausen, der sich und sein Pferd an seinem eigenen Zopfe aus dem Sumpfe zieht), und es ist zu verwundern, dafs man, während Tausende von Samen um uns herum keimen, so wenig daran denkt, wie schwer im Grund die Erscheinung, dafs die Wurzel in die Erde dringt, zu erklären ist; denn was dort vom Quecksilber, das gilt ebenso und in noch höherem Grade von einem schwereren und festen Erdboden.

4. Die Richtung der Wurzel wird nicht durch die Art des Bodens bestimmt.

Da die chemische und physikalische Beschaffenheit, insbesondere die Feuchtigkeit und Dunkelheit des Bodens das Element ist, für welches die Wurzel vorzugsweise organisiert ist, so könnte es auf den ersten Blick scheinen, als seien es diese äufseren der Wurzel besonders günstigen Bedingungen, welche die Erscheinung, dafs dieselbe von Anfang an den Boden aufsucht, veranlafsen. Dafs diefs nicht der Grund ist, dafs das Abwärtswachsen der Wurzel vielmehr von dem Boden ganz unabhängig ist, geht von vornherein schon daraus unzweifelhaft hervor, dafs sich die Wurzel bereits nach unten krümmt, ehe sie mit dem Boden in Berührung ist, dafs sie vielmehr oft eine lange Strecke durch die Luft zu wachsen hat, ehe sie den Boden erreicht; man denke unter anderen an die aus

den oberen Aesten entspringenden nach unten strebenden Luftwurzeln der *Ficus*-Arten. Aber auch bei unmittelbarer Berührung des Bodens würde das vertical nach unten gerichtete Wachsthum durch jene Eigenschaften des Bodens keineswegs erklärt. Zum Ueberflufs, und weniger um die Unabhängigkeit dieser Richtung von dem Boden zu beweisen als um sie recht anschaulich darzustellen, können folgende Versuche dienen.

a) *Die Art des Keimbodens ist gleichgiltig für die Richtung der Wurzel*; denn die letztere verhält sich gleich, mag man den Samen auf Ackererde oder reinem Sand, auf Papier, Wafser oder Quecksilber keimen lafsen.

b) *Die Feuchtigkeit des Keimbodens ist gleichgiltig für die Richtung der Wurzel.* Beweis:

Erster Versuch: Selbst wenn der Samen auf einer trockenen Quecksilberfläche keimt, senkt sich die Wurzel in diese Flüssigkeit, während sich nach oben feuchte Luft unter der Glasglocke befindet.

Zweiter Versuch: Medium oberhalb und unterhalb des Samens feucht. Von den Samen (Weizen, Krefse, Oelsamen, Erbse), welche zwischen zwei mit Wafser getränkten horizontalen dicken Papierschichten keimen, dringen die Wurzeln sämmtlich durch die untere, keine einzige durch die obere ihr vollkommen gleiche Schicht. Die Wurzeln, welche die Papierlage durchbohrt haben, wachsen horizontal zwischen derselben und dem undurchdringlichen Boden fort, wobei aber die Spitzen stets nach unten gerichtet bleiben.

Dritter Versuch: Medium oberhalb des Samens feucht, unterhalb trocken. Ich liefs verschiedene Samen (Krefse, Oelsamen, weifsen Senf, Weizen) zwischen zwei dicken Papierlagen keimen, von denen die obere mit Wafser, die untere mit Oel getränkt und dadurch gegen das Wafser geschützt war. Erfolg: die Würzelchen sträuben sich, wie es scheint, gegen das Oel und wachsen zum Theil horizontal, einzelne aber dringen in das Oelpapier ein und durchbohren dasselbe, während sich in die obere ungleich günstigere Schicht keine Wurzel richtet.

c) *Die Dunkelheit des Keimbodens ist gleichgiltig für die Richtung der Wurzel.*

Erster Versuch: Medium oben dunkel und unten dunkel. Der oben erwähnte Versuch mit zwei horizontalen dicken Papierlagen, zwischen denen Samen keimen und sämmtlich in die untere Lage hineinwachsen, ist auch in dieser Beziehung entscheidend.

Zweiter Versuch: Medium oben hell, unten hell. Sa-

men, welche in einem durchsichtigen Gefäſs auf der Oberfläche von Waſser schwimmend keimen (entweder frei schwimmend, z. B. Oelsamen, Weizen, *Equisetum*-Sporen, oder vermittelst eines Fadens auf der Waſserfläche hängend, z. B. Erbsen), richten sämmtlich ihre Wurzeln nach unten.

Dritter Versuch: Medium oben dunkel, unten hell. Zahlreiche Samen (Weizenkörner, Oelsamen, Kreſse) wurden in einem gläsernen Gefäſs auf einer Waſserfläche theils frei theils durch Aufhängen schwimmend erhalten und der Raum oberhalb der Waſserfläche durch schwarze Verklebung der Wand und Bedeckung der Oeffnung vollständig verdunkelt, während der untere mit Waſser erfüllte Theil des Gefäſses beleuchtet war. Erfolg: die Wurzeln sämmtlicher Samen wachsen senkrecht nach unten in den hellen Raum hinein.

d) Daſs der *Boden überhaupt* weder als Ort der Dunkelheit und Feuchtigkeit noch als *Mittel der Anheftung* die Richtung der Wurzel bestimmt, wird noch durch folgende Versuche evident.

Erster Versuch: Die Samen keimen ohne Boden. Erbsen, Weizenkörner und Kreſsesamen wurden, nachdem sie vorher auf den Punkt der beginnenden Keimung gebracht waren, in der feuchten Luft eines gläsernen Gefäſses an Fäden schwebend aufgehängt, — ihre Wurzeln wuchsen sämmtlich in gerader Richtung nach unten.

Zweiter Versuch: Zahlreiche Samen der mehrfach erwähnten Arten wurden zwischen zwei feuchten Papierlagen, welche senkrecht aufgehängt waren, zum Keimen gebracht. Der Erfolg war, daſs sämmtliche Wurzeln zwischen den beiden Lagen hindurch senkrecht nach unten, keine einzige weder nach oben noch links oder rechts in das Papier hinein wuchsen.

Dritter Versuch: Zahlreiche Samen von Kreſse an einem feuchten senkrechten Boden keimend. Und zwar wurde das eine Mal der Keimboden an einer verticalen Wand so aufgehängt, daſs die Keimfläche nach dem hellen Zimmer gerichtet war. Erfolg: Die Wurzeln wuchsen mehrere Zoll lang sämmtlich direct nach unten, unmittelbar längs des Keimbodens; oder wo derselbe an einzelnen Stellen nicht vollkommen eben war, bohrten sich daselbst die Wurzeln hindurch und wuchsen entweder unter der Oberfläche fort oder kamen eine Strecke weit nach unten wieder zum Vorschein. Dieser Versuch, zum Theil in der Absicht angestellt, um eine etwaige von der verticalen Richtung vermöge ihrer Masse ablenkende Anziehung von Seiten der Wand zu ermitteln, läſst er-

kennen, dafs wenigstens für die angewandten Samenspecies ein solcher Einflufs nicht stattfindet.

Vierter Versuch: Das andere Mal wurde der Keimboden unmittelbar an einem Fenster aufgehängt und so die keimenden Samen von der einen Seite der Dunkelheit, von der anderen dem directen Licht ausgesetzt, um eine etwaige abstofsende Wirkung des Lichts auf die Wurzel zu ermitteln. Gleichwohl überwog auch hier das Streben nach unten über einen etwaigen Einflufs der einseitigen Dunkelheit und Beleuchtung, die Wurzeln wuchsen sämmtlich senkrecht nach unten.

Fünfter Versuch: Der Keimboden über den Samen. Um die Samen an der hängenden Fläche eines Bodens anzubringen. bedient man sich entweder einer festgestampften, und durch ein Netz in einem horizontal aufgehängten Rahmen festgehaltenen Erdschicht *) oder viel zweckmäfsiger eines mit Löschpapier oder Wollen-Flanel, woran kleinere Samen leicht haften, überzogenen Brettes, welches man horizontal aufhängt oder auf den horizontalen Rand eines Wafserbeckens legt, um durch die aufsteigenden Dünste die Keimung zu unterstützen. Der Erfolg ist, dafs sämmtliche Wurzeln das ihnen in dem darüber befindlichen Boden dargebotene höchst zuträgliche dunkele und feuchte Element verschmähen, selbst wenn die *radicula* im ruhenden Samen dem Boden unmittelbar anliegt oder auch wohl gar etwas von demselben eingehüllt ist, und vielmehr ihrem Zuge nach unten folgend in die helle und trockenere Luft senkrecht hinaus wachsen. Bei der weiteren Entwickelung scheint indes die Wurzel von dem Lichte etwas abgestofsen zu werden, indem sich die Spitze mehr oder weniger nach oben zurückkrümmt.

Sechster Versuch. Als ein Mittel, die selbständige von der Lage des Bodens durchaus unabhängige Tendenz der Wurzel, nach unten zu wachsen, möglichst compendiös und anschaulich darzustellen, empfehle ich (z. B. für Vorlesungen) die Anwendung eines ringförmigen Keimbodens. Ein etwa 3″ weiter hölzerner Reif wird auf der inneren und äufseren Fläche mit einer Lage von Löschpapier oder Flanel und auf beiden Flächen in kleinen Entfernungen mit Krefsesamen, belegt, und an dem einen Ende unter einer über einer Wafserfläche stehenden Glasglocke aufgehängt. Während der Keimboden an jedem Punkt seine Lage gegen den Horizont verändert, bleibt die Richtung der sich ent-

*) Wie der Versuch von Dutrochet, noch früher (1816) aber vom Grafen Bouquoy (Skizzen zu einem Gesetzbuche der Natur 1817) angestellt wurde.

wickelnden Wurzeln durchaus dieselbe, senkrecht nach unten, und es zeigen sich daher alle möglichen Beziehungen zwischen den Wurzeln und dem Keimboden; so wächst z. B. auf der äufseren Fläche des Bodens die Wurzel eines gerade oben liegenden Samens senkrecht, die der weiter nach beiden Seiten liegenden Samen aber unter einem immer spitzer werdenden Winkel in den Boden hinein, bei 90° vom Scheitel entfernten Samen bildet die Wurzel die Tangente am Kreifs, dann wird der Winkel gegen den Boden allmählich gröfser, und ein am untersten Punkt des Ringes keimender Samen sendet die Wurzeln senkrecht in die Luft. Gerade so, nur umgekehrt verhalten sich die auf der inneren Fläche des Reifs angebrachten Samen.

Siebenter Versuch. In anderer Weise läfst sich das Gesetz anschaulich machen, wenn man den Keimboden durch eine leicht zu denkende Einrichtung während der Entwickelung der Wurzel, abwechselnd in verschiedenen Lagen, nämlich zuerst in die horizontal hängende, dann in die verticale, dann in die horizontal aufrechte und in die verticale Lage nach der anderen Seite hin bringt. Der Erfolg ist, dafs die Wurzel während ihres Wachsthums eine kreifsförmige Krümmung erhält.

5. Die Richtung der Wurzel als Gravitationserscheinung.

Aus den bisher beschriebenen Versuchen ergiebt sich mit Sicherheit, dafs die Ursache, welche das Würzelchen des keimenden Samens bestimmt, nach unten zu wachsen, nur deshalb in der Beschaffenheit des Bodens zu liegen scheint, weil derselbe gerade der Organisation und Function der Wurzel entspricht, und weil dieser Boden sich zufällig in der Regel unterhalb des keimenden Samens befindet, dafs aber in Wahrheit die Richtung des Wachsthums von diesen zunächst liegenden Bedingungen unabhängig ist und vielmehr durch einen allgemeineren Grund, durch eine von dem Endkörper als Ganzem ausgehende Kraft bedingt wird. Ob diefs die Gravitation oder etwa irgend eine andere, bekannte oder unbekannte, dem Erdkörper als solchem innewohnende Kraft ist, läfst sich aufs unzweifelhafteste beantworten durch Versuche, welche den keimenden Samen unter Bedingungen stellen, wodurch sich die Gravitation, wenn dieses die fragliche Kraft wäre, als Centrifugalkraft äufsern müfste. Diese Versuche mit rotierendem Keimboden sind zuerst 1806 von dem ausgezeichneten Physiologen

Th. Andr. Knight *) ausgeführt, später, 1829, von Dutrochet, seitdem aber von Niemand wiederholt worden; wenigstens finde ich einer Wiederholung und Prüfung derselben nirgend **) erwähnt, sondern die auf überraschende Weise die Gravitationshypothese bestätigenden Resultate giengen seither theils unbedenklich anerkannt theils von Manchen angezweifelt aus einem Lehrbuch in das andere über. Es wird hiernach nicht unangemefsen sein, wenn ich die von mir bei einer Wiederholung und Erweiterung jener sinnreichen Versuche gewonnenen Resultate im Nachstehenden mittheile.

Die Versuche wurden mit Krefse, Oelsamen, Senfsamen, Erbsen, Weizen, welche auf einem in rotierender Bewegung erhaltenen Boden keimten, angestellt und sowohl hinsichtlich der Lage des letzteren als hinsichtlich der Rotationsgeschwindigkeit auf mannigfache Weise abgeändert ***).

a. Die Rotationsebene senkrecht.

Befestigt man den Keimboden senkrecht auf den Radius, also in der Tangentialebene des bewegten Rades, so wachsen die Wurzeln in radialer Richtung nach aufsen, also wenn die Samen auf der äufseren Fläche des Radkranzes liegen, senkrecht vom Keimboden in die Luft, wenn die Samen auf der inneren Fläche des Radkreuzes liegen, in den Keimboden hinein. Steht der Keimboden senkrecht auf der Rotationsebene und unter einem spitzen Winkel zwischen dem Radius und der Tangente, so richten sich die

---

*) *Philos. Transactions* 1806. T. I. p. 99 — 108. Uebersetzt in Treviranus, Beiträge zur Pflanzenphysiologie 1811.

**) Mit Ausnahme einer beiläufigen Erwähnung von Klotzsch an irgend einer Stelle.

***) So leicht als Knight hatte ich es freilich nicht, da mir kein Wafserfall zur Anbringung eines von dem treibenden Wafser selbst feucht erhaltenen und ununterbrochen gehenden Rades zu Gebote stand. Nachdem ich mich vermittelst des Getriebes einer Schwarzwälder Uhr, das mir eine ähnliche, und sodann vermittelst des Schwungrades am Holländer einer Papierfabrik, welches mir eine gröfsere Geschwindigkeit als Knight's Wafserrad darbot, vorläufig von der Richtigkeit jener Resultate überzeugt hatte, bediente ich mich eines eigenen durch Gewichte bewegten Räderwerkes von Messing, welches mir, neben meinem Arbeitstisch angebracht, nicht nur eine fortwährende Beobachtung, sondern auch alle mögliche Abänderung in der Lage der Rotationsebene und in der Geschwindigkeit gestattete. Theils die selbst durch Einschliefsung des Keimbodens in ein leichtes Glasgehäuse nicht ganz zu vermeidende Schwierigkeit, die Samen bei der austrocknenden Rotation gehörig feucht zu erhalten, theils die selbst bei der Anwendung eines Flaschenzuges immer nur ein Paar Stunden dauernde Ablaufszeit des Getriebes machten die Versuche, welche vor allen Dingen bei Tag und Nacht ohne alle Unterbrechung im Gang bleiben mufsten, wie sich denken läfst, nicht gerade zu den bequemsten.

Würzelchen unter einem schiefen Winkel vom Boden ab, d. h. wiederum in der Richtung des Radius. Bringt man den Keimboden in der Rotationsebene selbst an, so richten sich die Würzelchen in dieser Ebene, also auf dem Boden selbst fortwachsend in der Richtung des Radius nach aufsen. Legt man den Keimboden so, dafs die Axe selbst hindurchgeht, so hat man bei den zahlreichen auf demselben zerstreut liegenden Samen verschiedene Entfernungen vom Mittelpunkt, mithin verschiedene Geschwindigkeiten in einem und demselben Versuche nebeneinander. Von der Rotationsgeschwindigkeit, d. h. von dem Weg, welchen der keimende Samen in einer Zeiteinheit (z. B. einer Minute) zurücklegt, also von der Entfernung des Keimbodens vom Mittelpunkt einerseits und von der Zahl der Umläufe in der Zeiteinheit andererseits hängt das mehr oder weniger bestimmte Streben der Wurzel, in der Richtung des Radius zu wachsen, ab.

In denjenigen meiner Versuche, wo eine vollständige und allgemeine Ablenkung der Wurzel in radialer Richtung stattfand, hatte der Samen bei einem

Rotationsradius	Umlaufszahl in 1 Minute	eine Geschwindigkeit in 1 Minute
24″	120	17200″
15″	120	10800″
4⅓″	126	3276″
2¾″	150	2475″*).

Bei diesen Versuchen sind es aber zwei verschiedene Umstände, welche die gewöhnlichen Bedingungen des keimenden Samens abändern, nämlich aufser der Centrifugalkraft auch die stetige Aufhebung der Richtung, wodurch der Wurzel, ganz abgesehen von der Wirkung der Centrifugalkraft, keinen Augenblick Zeit gelafsen wird, eine bestimmte Richtung nach unten anzunehmen. Es kam also darauf an, zunächst den Einflufs der Centrifugalkraft durch eine bedeutende Verminderung der Rotationsgeschwindigkeit möglichst zu schwächen. Diefs bewerkstelligte ich an der erwähnten Maschine theils durch Verkleinerung des Rotationsradius, indem ich Samen dicht in der Nähe der Axe keimen liefs, theils durch Verminderung der Umläufe bis auf 12, 8, 3 in einer Minute. Um noch weiter zu gehen, befestigte ich den Keimboden senkrecht auf den Zeiger einer Wanduhr, und erhielt auf diese Weise an dem 4½″ langen Minutenzeiger eine Bewegung des keimenden Samens

*) Knight erreichte bei seinem Versuch eine Geschwindigkeit von 4950″ in einer Minute, nämlich 11″ Durchmefser des Rades und 150 Umläufe.

von weniger als $1/2''$, an dem $3''$ langen Stundenzeiger aber von weniger als $1/38''$ in einer Minute.

Von vornherein läfst sich denken, dafs bei einer verticalen Rotation von so geringer Geschwindigkeit, dafs der Einflufs der Centrifugalkraft als verschwindend angenommen werden kann, eine in der Entwickelung begriffene Wurzel, welche in jedem Augenblick einen verticalen Zug nach unten erleidet, in einer der Rotationsrichtung entgegengesetzten gekrümmten Spirale wachsen wird, und dafs die Krümmung derselben um so stärker sein wird, je rascher die Umdrehung. In der Wirklichkeit kommen zwar solche Krümmungen hin und wieder vor, indes sind doch in der Regel die Wurzeln mehr gestreckt, und zwar ergibt sich aus den oben erwähnten mit zahlreichen Samen angestellten und zum Theil oft wiederholten Versuchen, dafs die Wurzeln unter diesen Bedingungen, sich im Allgemeinen auf sehr ungleiche Art entwickeln; es kommen gleichzeitig, auf einem und demselben Keimboden, solche vor, welche centrifugal, in radialer Richtung nach aufsen, sowie auch solche, welche centripetal, nach innen wachsen; das vorherrschende Verhältnis scheint aber das zu sein, dafs die Wurzeln in der Ebene des Keimbodens selbst fortwachsen, und zwar innerhalb dieser Ebene ohne eine bestimmte Richtung in Beziehung auf die Richtung der Rotation und unabhängig von der zufälligen Lage des Wurzelendes der Samen. — Welches das Minimum der Rotationsgeschwindigkeit ist, bei welcher sich die Centrifugalkraft auf eine in der Richtung der Wurzel sichtbare Weise geltend macht, bin ich nicht im Stande anzugeben. In einem Versuche, wo der Radius $1''$, die Zahl der Umläufe in einer Minute 3, die Geschwindigkeit demnach circa $18''$ in einer Minute war, liefs sich aufser allen möglichen anderen Krümmungen doch ein vorherrschendes Streben nach centrifugaler Entwickelung nicht verkennen, während in allen anderen Versuchen, wo die Geschwindigkeit ungefähr eben so grofs und zum Theil noch gröfser war, keine Spur einer Centrifugalkraft zu erkennen war. — Wenn ein Samen gerade in der Axe der verticalen Rotationsebene keimt, so läfst sich *a priori* beurtheilen, dafs das Wachsthum, indem die Neigung nach unten durch die stetige Drehung fortwährend verhindert wird, in der Richtung der Axe selbst stattfinden mufs, wie es sich auch in dem Versuche mehr oder weniger deutlich bestätigt.

b. Die Rotationsebene horizontal.

Entscheidender für den Einflufs der Gravitation auf den keimenden Samen sind die Versuche mit horizontal rotierendem Keim-

boden, theils weil dabei der eben besprochene Umstand, die stete Veränderung in der Lage der Wurzel gegen die Verticale und die dadurch bedingten Modificationen in dem Wachsthum vermieden werden, indem der Samen vielmehr, seine Richtung gegen den Erdkörper unverändert beibehaltend, sich offenbar freier und natürlicher entwickeln kann, theils weil auf diese Weise der Einfluſs sowohl der Schwerkraft als der Centrifugalkraft sich gleichzeitig geltend machen, und deren gegenseitiges Verhältnis an der Wirkung auf die Richtung der Wurzel bestimmt werden kann. Bringt man den Keimboden senkrecht gegen die Rotationsebene, d. h. an den beiden Enden des Rotations-Durchmeſsers an, so wachsen die Würzelchen sämmtlich nach unten, wobei sie jedoch je nach dem Maaſs der Rotationsgeschwindigkeit eine stärkere oder schwächere Ablenkung von der senkrechten Richtung nach auſsen erfahren. Knight beobachtete bei einem Durchmeſser von 11″ und 250 Umdrehungen in einer Minute, d. i. 8250″ Weg in einer Minute, diesen Ablenkungswinkel als 80°, — bei 80 Umdrehungen, d. i. 2640″ Weg in einer Minute, als 45°. In den von mir in dieser Beziehung angestellten Versuchen wurden die beiden Factoren der Umlaufsgeschwindigkeit: Rotationshalbmeſser und Zahl der Umläufe in einer Minute, auf verschiedene Weise abgeändert, nämlich

	Rot.-Radius.	Uml. in 1 Min.	Weg in 1 Min.
a)	3″ 3‴	75	1508″
b)	2″ 10‴	254	1778″
c)	3″ 9‴	85	1976″
d)	3″ 3‴	110	2216½″
e)	3″ 1‴	120	2254″
f)	3″ 6‴	288	6250″.

In allen diesen Fällen wurde die Wurzel in Folge der Rotation mehr oder weniger nach auſsen gehoben; bei manchen lieſs sich der Winkel mit einiger Schärfe bestimmen, z. B. bei a) 30°, bei d) durchschnittlich 47 — 50°, bei e) 60°. Es ergibt sich schon hieraus ziemlich bestimmt, daſs der Ablenkungswinkel mit zunehmender Rotationsgeschwindigkeit gröſser wird.

Mehr in die Augen fallend läſst sich dieses Gesetz darstellen, wenn man den Keimboden selbst in einer horizontalen Ebene um seinen Mittelpunkt rotieren läſst; wobei man am besten die mit Samen bedeckte Fläche abwärts richtet, um die alsdann ins Freie wachsenden Würzelchen beſser beobachten zu können*). Durch

*) Der Keimboden als ein schmales oder mehr quadratisches mit Flanel oder Papier belegtes Brett wurde entweder in eine weite Glasröhre geschoben oder mit einem

die verschiedenen Entfernungen, in welchen man die Samen vom Mittelpunkt aus anbringt, hat man in einem und demselben Versuche und bei gleicher Zahl der Umläufe für die verschiedenen Samen ungleiche Rotationsgeschwindigkeiten und demgemäfs auch verschiedene Winkel, um welche die Wurzel aus der verticalen Richtung nach aufsen abgelenkt wird. Die Wurzel eines genau im (ruhenden) Mittelpunkt des Keimbodens befindlichen Samens wächst gerade abwärts; je weiter vom Mittelpunkt entfernt, desto mehr neigen sich die Wurzeln nach der Ebene des Keimbodens, und bei hinreichend rascher Umdrehung richten die in der Peripherie gelegenen Samen ihre Wurzeln fast vollkommen horizontal mit der Spitze nach aufsen (Tab. VI. 2). Bei günstiger Entwickelung war die Richtung der Wurzeln so bestimmt, dafs es möglich war, den Ablenkungswinkel mit einiger Genauigkeit zu schätzen oder sogar mit dem Transporteur zu mefsen. In der folgenden Tabelle ist eine Anzahl von solchen Beobachtungen zusammengestellt.

Radius in Par. Linien.	Umläufe in einer Minute.	Beobachtetes α.	Berechnetes α.	Differenz des beobachteten und berechneten α.	Radius in Par. Linien.	Umläufe in einer Minute.	Beobachtetes α.	Berechnetes α.	Differenz des beobachteten und berechneten α.
2	288	0°	3° 59′	—3° 59′	36	288	90°	51° 27′	38° 33′
5	288	5°	9° 53′	—4° 53′	37	288	72°	52° 13′	19° 47′
6	288	18°	11° 49′	6° 11′	42	288	60°	55° 40′	4° 20′
10	288	28°	19° 13′	8° 47′	42	288	90°	55° 40′	34° 20′
15	288	30°	27° 37′	2° 23′	0	180	0°	0°	0°
16	288	45°	29° 9′	15° 15′	7	180	45°	5° 27′	39° 33′
17	288	50°	30° 39′	19° 21′	10	180	55°	7° 45′	47° 15′
20	288	45°	34° 53′	10° 7′	22	180	62°	16°	45° 19′
22	288	55°	37° 30′	17° 30′	30	180	74°	22° 14′	51° 46′
22	288	60°	37° 30′	22° 30′	36	180	90°	26° 7′	63° 53′
27	288	60°	43° 16′	16° 44′	37	120	60°	12° 37′	47° 23′
28	288	70°	44° 19′	25° 41′	39	75	30°	5° 16′	24° 44′
30	288	60°	46° 17′	13° 43′	39	110	47°	11° 13′	35° 47′
31	288	65°	47° 14′	17° 46′	66	250	80°	60° 2′	19° 58′*)
33	288	72°	49° 0′	23° 0′	66	80	45°	10° 14′	34° 46′*)

leichten Glaskästchen bedeckt und dieses Gehäuse in oben genannter Stellung auf der verticalen Rotationsaxe befestigt.

*) Nach Knight's Versuchen mit der Bohne.

Das wachsende Würzelchen verhält sich sowohl beim ruhigen Keimen als bei den Rotationsversuchen wie ein Bleiloth, und ich versuchte deshalb einen auf die Centrifugalgesetze gegründeten Calcül anzuwenden und den Winkel der Ablenkung aus der verticalen Richtung gerade so zu berechnen, wie für einen mit schwerem Endpunkt versehenen Faden, welcher, am Ende eines horizontal rotierenden Stabes befestigt, durch die Schwerkraft vertical nach unten gezogen, bei der Rotation durch die Centrifugalkraft um einen Winkel (α) gehoben wird*). In der vorstehenden Tabelle enthält die erste Columne den Rotationshalbmeſser, die zweite die Zahl der Umläufe in einer Minute, die dritte den beobachteten, die vierte den berechneten Winkel α der Ablenkung, die fünfte die Differenz dieser beiden Werthe. Es ergibt sich aus dieser Tabelle, daſs die Ablenkung der Wurzel aus der Verticalen zunimmt mit der Zahl der Umläufe in einer Minute und mit der Entfernung vom Drehungsmittelpunkt, und daſs demnach die beobachteten Werthe im Allgemeinen mit den theoretisch berechneten gleichzeitig ab- und zunehmen, im Einzelnen jedoch bedeutend differieren, in der Art, daſs die beobachteten Werthe fast ohne Ausnahme gröſser als die berechneten sind. Diese Differenz erklärt sich zwar zum Theil aus den Grenzen der Genauigkeit in der Meſsung, sowie aus individuellen (zufälligen) Abweichungen, welche selbst unter Samen, die gleiche Geschwindigkeit haben, vorkommen. Doch scheint es, als ob zur Erklärung dieser Differenz noch ein anderer, in Organisationsverhältnissen der Wurzel beruhender Factor angenommen werden muſs. Vielleicht hängt hiermit das verschiedene Verhalten zusammen, welches unter verschiedenen Species stattzufinden scheint, wenigstens fand ich bei einem Versuche, wo Erbsen und Kreſsesamen unter gleichen Umständen (Radius

*) Der Winkel α (Tab. VI. Fig. 3), um welchen der Faden AB aus der verticalen Lage abgelenkt wird, ist offenbar eine Function von dem Rotationsradius r (BC) und der Geschwindigkeit, nämlich $tang.\ \alpha = \frac{AE}{BE}$.

$AE = BD = k =$ der Weg, um welchen die Centrifugalkraft den Schwerpunkt des Fadens in einer Secunde in der Richtung des Radius fortbewegen würde.

$BE = g =$ die verticale Wirkung der Schwerkraft in einer Secunde $= 187\frac{1}{2}'' = 27000'''$. Nach den Centrifugalgesetzen ist $k = \frac{c^2}{r}$, wobei c die Geschwindigkeit des Körpers in der Rotationsebene $= \frac{2\pi r}{T}$, T die Secundenzahl für einen Umlauf ist. Mithin $tang.\ \alpha = \frac{4\pi^2 r}{T^2 g}$. Es folgt zugleich aus dieser Formel, daſs die Ablenkung in höherem Grade von der Umlaufsgeschwindigkeit (welche sich durch ihr Quadrat geltend macht) als von dem Rotationshalbmeſser abhängig ist.

= 3″ 1‴, Umlaufszahl in einer Minute 120) keimten, dafs die ersteren ihre Wurzeln genau senkrecht nach unten richteten, während die der Krefse um 60° abgelenkt wurden. Unter den übrigen von mir beobachteten Samen, Weizen, Krefse, Oelsamen, weifser Senf, habe ich keine Verschiedenheit in dieser Beziehung bemerkt.

Wenn die Spitze des Würzelchens beim keimenden Samen sich unter allen, auch den physiologisch ungünstigsten, Umständen gegen den Mittelpunkt der Erde richtet, sobald aber der Samen in eine rotierende Bewegung versetzt wird, welche eine an einem Faden hängende Bleikugel nach aufsen schleudern würde, dieselbe Richtung wie diese annimmt, wenn also die Erscheinung auch dann noch mit dem Gravitationsgesetz übereinstimmt, wenn die Schwerkraft in die Centrifugalkraft übersetzt wird, so kann wohl kein Zweifel mehr sein, dafs es die Massenanziehung des Erdkörpers ist, welche der Wurzel die ihr eigenthümliche Richtung vorschreibt *), und es gibt im Bereich des organischen Lebens wohl kein empirisches Gesetz, welches auf einen so bestimmten, mathematischen Ausdruck gebracht wäre, als dieses. —

Umgekehrt wie die Wurzel verhält sich der andere Pol der keimenden Pflanze; das aus der Samenhülle hervorbrechende Stengelchen äufsert ebenso ein Streben, nach oben zu wachsen, wie jenes nach unten, wenngleich nicht zu verkennen ist, dafs dieses Streben nicht so entschieden als jenes ausgesprochen und auch anderen modificierenden Einflüfsen, insbesondere dem des Lichtes, unterworfen ist. Jedoch habe ich auch beobachtet, dafs bei Erbsen, welche auf der unteren Fläche eines hängenden Bodens keimten, der junge Stengel in seinem vertical aufwärts strebenden Wachsthum eine zolldicke Erdschicht durchbrach und über derselben zum Vorschein kam.

Es fragt sich nunmehr, wie die Anziehungskraft des Erdkörpers auf den keimenden Samen in der angegebenen Weise wirkt.

Von einer unmittelbaren Wirkung der Gravitation auf den Körper des Würzelchens in der gewöhnlichen mechanischen Weise kann natürlich nicht die Rede sein, weil ein Körper überhaupt nur im Verhältnis seiner Masse von der Erde angezogen wird, ein über-

*) Selbst die Ausnahme, welche die Mistel und ihre Verwandten von dem allgemeinen Gesetz zu bilden scheinen, indem das Würzelchen beim Keimen nicht nach unten, sondern senkrecht in die Rinde des Astes, welcher die Wohnstätte der Schmarotzerpflanze bilden soll, eindringt, läfst sich vielleicht ebenfalls als reine Gravitationserscheinung auffafsen, wenn man annehmen darf, dafs von der Masse des Baumastes eine über die Attraction des Erdcentrums überwiegende Anziehung auf das zarte Würzelchen ausgeübt werde, sowie ja auch die Schwingungen des Pendels in der Nähe grofser Gebirgsmassen modificiert werden.

wiegendes Massenverhältnis aber bei dem Würzelchen in keiner Beziehung stattfindet. Das Würzelchen ist weder specifisch schwer genug, um aus seinem Gewicht, selbst wenn dasselbe durch dasjenige des ganzen Samens vermehrt wird, das Einsinken in einen halbfesten Boden oder in Quecksilber zu erklären, noch überwiegt es den übrigen Samen an absolutem Gewicht, um daraus zu erklären, daſs dasselbe hinabgezogen wird, während der Samen selbst sich ruhig liegend oder schwimmend erhält, — noch findet zwischen dem Gewicht der Wurzel und des Stengels eine solche Differenz statt, daſs daraus das Hinabstreben der ersteren und das Aufwärtsstreben des letzteren folgen könnte. Wenn man Oelsamen auf Waſser schwimmend keimen läſst, so richten sich die Würzelchen alsbald sämmtlich nach unten in das Waſser, während das Samenkorn schwimmt, und wenn man einen solchen keimenden Samen herausnimmt und wieder ruhig auf die Waſserfläche legt, so richtet sich sogleich wieder das Würzelchen nach unten. Wenn aber diese Samen aus irgend einem Grunde freiwillig oder durch einen äuſseren Anstoſs untersinken, so drehen sie sich beim Fallen sofort um, und auf dem Boden des Gefäſses liegend, richten sie fast sämmtlich das Würzelchen nach oben, zum Zeichen, daſs das letztere gerade der leichteste Theil an dem ganzen Samen ist. Es folgt hieraus, daſs sich das erwähnte Richtungsgesetz nur während des ungestörten Keimactes äuſsert, daſs wir es nicht mit einer rein mechanischen, sondern mit einer organischen Erscheinung der Schwerkraft, kurz mit einer Lebensäuſserung zu thun haben. Von diesen Allem abgesehen, unterscheidet sich die fragliche Erscheinung von einer gewöhnlichen Wirkung der Schwere dadurch, daſs jedes hervorgetretene Würzelchen nicht etwa wie ein mit einem Gewicht beschwerter Hebelarm herabgezogen, selbst nicht einmal herabgebogen wird, indem der Samen ruhig liegen bleibt und die Stelle, wo das Würzelchen heraustrat, unverändert seine Lage behält. Vielmehr äuſsert sich die Anziehung nach unten nur während des Wachsthums, indem die sich an der Spitze neu ansetzenden Theile durch die fragliche Ursache bestimmt werden, indem sie entstehen, die Richtung nach unten anzunehmen. Die Schwerkraft wirkt nicht unmittelbar auf einen starren schweren, sondern vermittelst des Lebensactes, des Wachsens auf einen nach und nach entstehenden, daher frei beweglichen Körper. Der Angriffspunkt der Gravitation am keimenden Samen ist also nicht die Masse, das absolute Gewicht, sondern derselbe muſs in der inneren Organisation der Wurzel gesucht werden. Es ist deshalb zunächst nöthig, diesen Punkt genauer zu betrachten.

6. Ueber den Bau und das Wachsthum der keimenden Wurzel.

Der Gegensatz zwischen Wurzel und Stengel, wie er nach dem Obigen in so hohem Grade entschieden als ein Gegensatz von absteigendem und aufsteigendem Wachsthum hervortritt, setzt einen bestimmten Grenz- oder Indifferenzpunkt zwischen diesen beiden Wachsthumsrichtungen an der Pflanze voraus. Bei den Samen mit hypogäischer Keimung, z. B. der Erbse, fällt dieser Punkt scheinbar mit dem Ursprung der Cotyledonen zusammen; der letztere behält, während der untere Theil (das Würzelchen) nach unten, die *plumula* nach oben wächst, seine Lage unverändert bei. Bei den Samen dagegen mit epigäischer Keimung, wie bei der Bohne, der Kreſse, dem Oelsamen, der Buche, wo die Cotyledonen um ein Stück über den Boden emporgehoben werden, zeichnet sich in dem Verlauf der unterhalb der Samenlappen befindlichen Axe diejenige Stelle, bis zu welcher die letztere in gewöhnlichem lockeren Boden eingesenkt ist, der sogenannte Wurzelhals (*Collum*, *Nodus primitivus*, Lebensknoten u. s. w.), schon äuſserlich in mehrfacher Beziehung aus. Häufig ist derselbe durch eine ringförmige Anschwellung oder wegen der plötzlichen Verdünnung des unteren Theils durch einen deutlichen Absatz bezeichnet. Clos*) charakterisiert diesen Punkt als diejenige Stelle, von wo sich nach unten die regelmäſsigen und symmetrischen Reihen der Nebenwurzeln (*radicelles*) zu zeigen beginnen, während dieselben an dem oberen Theil bis zu den Samenlappen entweder fehlen oder nicht regelmäſsig angeordnet seien. Ein beſseres Merkmal als dieses scheint mir für diesen Punkt darin zu liegen, daſs der Theil der Wurzel unterhalb desselben in feuchter Luft sich mit einem dichten Ueberzug von langen horizontal abstehenden Wurzelhaaren bedeckt, welche an dieser Stelle plötzlich aufhören, so daſs der obere Theil der Axe völlig kahl ist. Ueberhaupt unterscheiden sich die beiden Theile der Axe oberhalb und unterhalb dieser Grenze durch einen verschiedenen Glanz und insbesondere durch die Farbe, indem der untere weiſs, der obere grün, beide also in dieser Beziehung sich gerade so zu einander verhalten wie bei der Erbse der Theil der Axe über den Cotyledonen zu der unzweifelhaften Wurzel unterhalb der letzteren. Mikroskopisch erkennt man einen dünnen braunen Ueberzug, welcher die Epidermis

*) *Clos, du collet dans les plantes etc. in Ann. des sc. nat. 3. série XIII. p. 5.*

bis zu dem Wurzelhals bedeckt, von hier an nach oben aber fehlt. Der Wurzelhals ist ferner anatomisch dadurch ausgezeichnet, dafs an dieser Stelle die Rinde aus einem Gürtel von kurzen polyedrischen Zellen besteht, während die zunächst nach oben und unten anstofsenden Rindenzellen cylindrisch und etwa viermal so lang als jene sind.

Ueber den Grenzpunkt zwischen Wurzel und Stengel bei den epigäisch keimenden Pflanzen sind die Ansichten der Botaniker verschieden; während die Meisten gerade den eben bezeichneten Wurzelhals als diesen Grenzpunkt, das oberhalb desselben gelegene, mit besonderen Namen als *tigelle*, *cauliculus*, *caudex ascendens*, *scapellus* u. s. w. bezeichnete Stück der Axe bis zu den Cotyledonen daher als das erste Internodium des Stengels (Cotyledonarinternodium) betrachten, nehmen Andere, z. B. Schleiden und Schacht*), den Ursprung der Cotyledonen als den Anfangspunkt des aufsteigenden Wachsthums, d. h. des Stengels, den ganzen unterhalb befindlichen Theil aber als Wurzel an. Clos, welcher, den gewöhnlichen Sprachgebrauch aufgebend, den Ausdruck Wurzelhals (*collet*) auf das Stück der Axe zwischen dem beschriebenen Punkt und den Cotyledonen überträgt, betrachtet diesen Theil als ein selbständiges Organ, sowohl gegenüber der Wurzel, von welcher es durch die oben angeführte Anordnung der Nebenwurzeln, als gegenüber dem Stengel, von welchem es durch den Mangel an Blättern und Knoten verschieden sei. Aufserdem wird die selbständige Bedeutung auf anatomische Eigenthümlichkeiten und auf die knollenartige Form dieses Theils bei *Corydalis cava*, *Cyclamen* etc. gegründet. Was mich betrifft, so halte ich die erste Ansicht für die richtige. Schon die oben hervorgehobenen Merkmale des Wurzelhalses machen es wahrscheinlich, dafs in ihm der Scheidepunkt der beiden Haupttheile der Axe zu suchen ist. Entscheidend aber sind solche Beobachtungen, welche beweisen, dafs der Wurzelhals wirklich der Indifferenzpunkt zwischen den beiden Richtungen des Wachsthums nach oben und nach unten ist**). Diefs ergiebt sich zunächst aus der anatomischen Betrachtung der in der Entwickelung begriffenen Wurzel auf dem Längsschnitt, indem das Gewebe von dem Wurzelhals aus sowohl nach oben als nach unten kleinzelliger mit trüberem Inhalt der Zellen, d. h. ju-

*) Irrthümlich früher auch ich (Kritik u. Gesch. der Metamorphosenlehre 1846. S. 96).

**) Die Emporhebung der Cotyledonen über das Niveau, in welchem die Entwickelung der Keimpflanze begann, beweist noch nichts, weil sich dieser Umstand auch allenfalls aus dem Widerstand, welchen die Wurzelspitze im Boden findet, erklären liefse.

gendlicher wird, — noch directer aus folgendem Versuche. Wenn man junge Keimpflanzen (z. B. von *Brassica Napus*) an einer verticalen Fläche so anbringt, dafs sämmtliche Exemplare mit ihrem Wurzelhals in einer bestimmten horizontalen Linie liegen, so findet das Wachsthum in den nächsten Tagen in der Art statt, dafs dieser Punkt unverrückt bleibt, während sich die Wurzel an der Spitze und ebenso der Stengel am entgegengesetzten Ende verlängert, so dafs die Cotyledonen von dem Wurzelhals weggerückt werden.

In dem Samenzustand läfst sich an dem gleichförmig erscheinenden Würzelchen noch kein Unterschied wahrnehmen; erst bei der weiteren Entwickelung desselben kommt der Wurzelhals mit seinen oben erwähnten Merkmalen zum Vorschein. Erst nachdem das Würzelchen eine Zeit lang gewachsen ist, beginnt auch oberhalb des Indifferenzpunktes eine Verlängerung, indem die Cotyledonen von den letzteren durch die Streckung des untersten Stengelgliedes entfernt werden. Bei dem Oelsamen bleibt in der ersten Periode der Entwickelung die Wurzel an Länge über das unterste Stengelglied (zwischen Wurzelhals und Cotyledonen) überwiegend, bei Keimpflänzchen von *Brassica Napus* von der kleinsten Stufe bis zu einer Gesammtlänge von 30''' (von der Wurzelspitze bis zu den Cotyledonen) fand ich den aufsteigenden Theil zum absteigenden durchschnittlich in dem Verhältnis wie 2:3. Bei der Krefse dagegen ist das erste Stengelglied frühzeitig länger als die Wurzel.

In diesem ersten Stadium der Keimung, d. h. bis zur Entwickelung der oberen Stengelglieder durch Entfaltung der *plumula*, spricht sich ein durchgreifender Unterschied zwischen dem Wachsthum der Wurzel und dem des Stengels aus, dadurch dafs die Verlängerung des ersten Stengelgliedes nur auf einer Streckung der ganzen Länge nach, die der Wurzel dagegen auf einer an der Spitze fortschreitenden Neubildung beruht. Um uns hiervon zu überzeugen, müfsen wir den anatomischen Bau der jungen Wurzel etwas genauer betrachten *).

Die *radicula* wird im Embryonalzustand von einem centralen Cambiumstrang durchsetzt, welcher oberhalb der Wurzelspitze endigt und hier von der Rinde bedeckt wird, und welcher sich ununterbrochen bis in die *plumula* fortsetzt. Derselbe besteht aus kleinen cylindrischen oder tafelförmigen, zartwandigen, mit einem

---

*) Ich gehe hier um so mehr auf diesen Punkt etwas genauer ein, weil gerade die Anatomie der Wurzelspitze bisher verhältnismäfsig vernachläfsigt gewesen ist, und auch das, was von Ohlert (Linnaea 1837, S. 609), Schleiden (Bot. Ed. II. Bd. II. S. 120), Link (Verh. des preufs. Gartenbauvereins 1850), Schacht (Flora 1853, S. 257) mitgetheilt worden ist, der genaueren Beobachtung noch genug übrig läfst.

trüben gelblichen Schleime erfüllten Zellen, welche in zahlreichen Längsreihen übereinander liegen. Nach der Spitze hin ist dieser Strang etwas verdünnt (Tab. VI, 4). Bei der weiteren Entwickelung der *radicula* des keimenden Samens treten mancherlei Verschiedenheiten innerhalb des Cambialstranges auf (Tab. VI, 6). An der Spitze dauert eine Vermehrung der Zellen durch horizontale Theilung fort, wie man an der niedrigen tafelförmigen Gestalt und dem milchig trüben Inhalt der Zellen erkennt, während nicht weit von der Spitze nach oben diese Zellenvermehrung aufhört, die niedrigen Zellen sich vielmehr (bis zum Sechs- bis Achtfachen ihres Durchfmesers) in die Länge strecken und einen mehr wafserhellen Inhalt führen. Diese Beschaffenheit erstreckt sich bis an den Wurzelhals, während von da an durch das Stengelchen hindurch die Zellen den mehr jugendlichen Charakter länger beibehalten. Auf die horizontale Zellentheilung folgt an der Wurzelspitze alsbald auch eine Theilung parallel der Axe, daher auf dem Längsschnitt die Zahl der Zellenreihen, welche in der Spitze nur gering (z. B. vier) ist, oberhalb derselben sich vermehrt, und die einzelnen Zellen aufser der gröfseren Länge sich auch durch einen geringeren Durchmefser von dem der Spitze näher liegenden unterscheiden. Während in dem Stadium der Samenruhe der Cambialstrang bestimmt unterschieden ist und seiner ganzen Dicke nach aus ziemlich gleichartigen Zellen besteht, umgibt sich derselbe in der Folge mit einem Mantel mehrerer (circa vier) Schichten im Kreifs gestellter mehr in der Richtung der Peripherie verbreiteter Zellen, welche von innen nach aufsen immer gröfser und heller mit körnigem Inhalt werden, und aufserdem, immer mehr einen polyedrischen (auf dem Querschnitt sechsseitigen) Umrifs annehmend, einen Uebergang in die eigentliche Rinde bilden. Zugleich bildet sich der Cambialstrang allmählich zum Gefäfsbündelkreifs um, dadurch dafs unter den kleinen trüben Zellen einzelne Längsreihen sich erweitern und durch gröfsere Helligkeit sich als die zukünftigen Gefäfse auszeichnen. Je weiter von der Wurzelspitze entfernt, desto deutlicher sondern sich in dem Cambialstrang mehrere Partieen als dereinstige Gefäfsbündel, indem die zwischenliegenden Zellen gröfser und heller erscheinen. Ein eigentliches Mark ist in diesem Stadium nicht zu unterscheiden. Bei den Wurzelfasern von *Triticum vulgare* wie bei anderen Nebenwurzeln ist nur ein centrales Gefäfsbündel vorhanden.

Den überwiegenden Bestandtheil der jungen Wurzel bildet die **Rinde**, indem der Cambialstrang nur höchstens $^1/_4$ oder $^1/_3$ der ganzen Dicke ausmacht. Die Rindenzellen, auf dem Querschnitt

polyedrisch (sechsseitig), sind durchschnittlich von doppelter Weite wie die Cambialzellen, unter einander von ziemlich gleichem Durchmefser (ungefähr $^1/_{60}$'''), oder derselbe nimmt von innen nach aufsen etwas zu und nach der Peripherie hin wieder ab; die äufserste Schicht bildet sich zu einem Epithelium, welches sich, wie gesagt, in feuchter Atmosphäre mit Wurzelhaaren bedeckt. Die Rindenzellen liegen in sechs bis acht concentrischen Lagen, durch deren bogenförmigen Lauf die mehr oder weniger stumpfe Kegelform der Wurzelspitze bestimmt wird. Entweder neigen diese sämmtlichen Lagen an der Spitze des Cambialstranges zusammen, indem jede sich nach dieser Stelle hin verdünnt (wie bei den Nebenwurzeln vom Weizen (Tab. VI, 12), oder sie endigen in verschiedenen Entfernungen von der Spitze und legen sich mit ihrem Ende so an die Peripherie des centralen Stranges an, dafs je eine äufsere Lage die nächst vorhergehende überragt, und die äufserste sich unmittelbar über der Spitze des centralen Stranges anlegt (z. B. Erbse Tab. VI, 10, Krefse Tab. VI, 8), — oder (wie beim Oelsamen Tab. VI, 6) nur die drei bis fünf innersten dieser concentrischen Zellenlagen verlaufen auf die angegebene Weise, die äufsersten (eins bis vier) dagegen laufen vollständig um die Wurzelspitze herum.

Wie in dem Cambialstrang, so findet auch in den Rindenzellen eine Vermehrung in der Richtung der oben genannten Zellenlagen nur in der der Wurzelspitze zunächst liegenden Region statt, und die Zellen haben daher hier eine niedrige Tafelform; darauf findet nur noch eine Streckung statt, daher die Rindenzellen nach dem Wurzelhals hin an Länge ihren Durchmefser mehrfach übertreffen. Diesem entsprechend ist auch der Inhalt der Zellen in der Spitzenregion mehr trübe, Protoblasma und Oel, aber kein Stärkemehl, dagegen der in den nach oben liegenden Zellen mehr wafserhell ist. Diefs gilt jedoch von den untersuchten Arten nur vom Oelsamen, und zwar von den inneren die Spitze nicht erreichenden Zellenschichten, wogegen die äufseren um die letztere herumlaufenden Schichten zwischen den Zellen Luft enthalten, daher bei auffallendem Licht weifs, bei durchfallendem Licht mit schwarzen Grenzen erscheinen, bei der Krefse, Erbse und dem Weizen die ganze Rinde durch diese Beschaffenheit sich von dem gleichartigeren und durchsichtigeren Gewebe des Cambiums unterscheidet.

Bei der weiteren Entwickelung der *radicula* während des Keimens tritt eine eigenthümliche Bildung, die Wurzelhaube als Umkleidung der Spitze auf. Durch seitliche Theilung der äufsersten Rindenzellenschicht, so weit dieselbe die Spitze zunächst um-

gibt, entstehen mehrere ähnliche Schichten (*d*, Tab. VI., 6 — 12), von denen jede folgende einen kürzeren Verlauf hat, und bilden einen mehr oder weniger spitzkegelförmigen der Spitze aufgesetzten Mantel, welcher durch das mehr gleichmäſsige durchsichtige und hellere Gewebe gegen die oben beschriebene safthaltige Rinde scharf abgegrenzt ist. Die Zellenbildung in diesen Schichten geschieht durch Scheidewände, welche senkrecht auf den Lauf der Schichten, d. h. senkrecht auf die Axe, und unter der Spitze selbst in der Richtung des Krümmungshalbmeſsers. Da diese Gewebspartie in der Folge sich nicht weiter bildet, so bleibt sie später als trockenes häutiges Mützchen an der Wurzelspitze gleichsam zum Schutz des zarten Vegetationspunktes. Es scheint dieſs eine allgemeine Bildung sowohl an Haupt- als Nebenwurzeln zu sein, z. B. Kreſse, Oelsamen, Erbse (bei welcher unter der Spitze, in der Verlängerung des Gefäſsbündels die Zellen ihre schichtenartige Anordnung verlieren und hier mehr rundlich erscheinen), bei den Wurzelfasern des Weizens, wo die Zellen länglich einzeln oder in Reihen nebeneinander liegen und mit Amylumkörnern versehen nach auſsen papillenartig oder haarartig hervortreten (Tab. VI, 12).

Die oben beschriebene Structur der Wurzel, mit Ausnahme der Wurzelhaube, setzt sich, wie gesagt, ohne Unterbrechung in derselben Weise über den Wurzelhals hin in den jungen Stengel fort; ein Hauptunterschied zwischen beiden Polen der Axe liegt eben darin, daſs die Wurzel ihren Vegetationspunkt nur an der Spitze hat, die Zellen der Rinde und des centralen Stengels bis zum Wurzelhals allmählich länger gestreckt und von waſserhellem Inhalt erfüllt werden, d. h. als ruhende Zellen verharren, wogegen die Zellen oberhalb des Wurzelhalses zwar ebenfalls nach dem Stengelende hin etwas an Länge abnehmen, indem auch der obere Vegetationspunkt sich an der Spitze befindet, aber der ganzen Länge durch einige Stengelglieder hindurch, wie wir oben gesehen haben, im Zustand der Fortbildung bleiben, was sich auch an ihrer saftigeren weniger waſserhellen Beschaffenheit erkennen läſst. Auch ist das Gewebe des Stengels, wenn auch im Wesentlichen mit dem der Wurzel übereinstimmend, in manchen Punkten etwas verschieden. So tritt innerhalb der Gefäſsbündel, welche sich überhaupt hier frühzeitiger ausbilden als in der Wurzel, ein deutlicheres und gröſseres Mark auf, und die Rinde differenzïrt sich, z. B. in dem Stengel einer Erbsenkeimpflanze, in zwei Schichten, von denen die äuſsere aus etwa drei Lagen chlorophyllreicher $^1/_{100}$''' starker cylindrischer Zellen, und die innere viel dickere Schicht aus circa acht Lagen von circa $^1/_{30}$''' breiten, $^1/_{22}$''' hohen tonnenförmi-

gen fast farblosen Zellen besteht (während die Rinde der derselben Keimpflanze angehörenden Wurzel etwa 14 Lagen von gleichartigen cylindrischen $^1/_{60}$''' breiten und etwas höheren wafserhellen Zellen enthält und der Cambiumstrang noch keine Spiralgefäfse wie der Stengel zeigt und kein Mark einschliefst).

Die eigenthümliche Wachsthumsweise der Wurzel, welche wir oben schon aus der anatomischen Beschaffenheit derselben erkannten, ergibt sich noch bestimmter und unmittelbarer aus folgendem Versuche. Bei mehreren Erbsen, welche ihre Wurzel in feuchter Atmosphäre bei verschiedener Lage entwickelten, theilte ich die etwa 2''' langen Wurzeln durch schwarze Punkte in vier gleiche Abschnitte. Nach drei Tagen hatten sich die Wurzeln um ein gröfseres oder kleineres Stück verlängert, und zwar durch eine für die verschiedenen Punkte der Länge sehr ungleiche Ausdehnung, wie sich aus der Vergleichung der genannten vier Abschnitte ergab. Wenig oder gar nicht hatten sich die zwei ersten, den Cotyledonen zunächst gelegenen Abschnitte verlängert, der dritte hatte ungefähr um das Doppelte, von $^1/_2$''' bis 1''', am meisten aber der letzte Abschnitt, z. B. von $^1/_2$''' bis 4''', also um das Achtfache zugenommen, — ganz übereinstimmend mit dem oben aus der anatomischen Beschaffenheit abgeleiteten Gesetz, dafs das Wachsthum der Wurzel seinen Sitz in der Nähe der Spitze hat und von da aus rückwärts abnimmt; aus dem vorliegenden Versuche sehen wir zugleich, in welchem Grade das Wachsthum in der Richtung nach oben abnimmt, d. h. wie weit sich der verlängerungsfähige Theil der Wurzel erstreckt. Jeder Samen hat hierin sein besonderes Verhalten. So beschränkt sich bei der Krefse das Wachsthum noch mehr auf das Wurzelende, indem bei einer $1^3/_4$''' langen auf dieselbe Weise wie oben in vier gleiche Theile getheilten Wurzel dieser Pflanze (incl. des ersten Internodiums) nach einem Tage nur der letzte Abschnitt merklich, nämlich um das Dreifache bis zu $1^1/_2$''' Länge, zugenommen hatte. Dafs das Wachsthum jedoch nicht an dem äufsersten Wurzelende stattfindet, dafs vielmehr das letztere unverändert (als Wurzelhaube) von dem Vegetationspunkt fortgeschoben wird, geht aufser dem oben über diesen Punkt Gesagten auch daraus hervor, dafs wenn bei den erwähnten Erbsen der letzte Theilstrich sehr nahe unterhalb der Spitze angebracht wurde, diese Marke bei der kräftigen Verlängerung der Wurzel fortrückte und nach wie vor an der Spitze sichtbar blieb *).

*) Aehnliche Beobachtungen machte Link an den Nebenwurzeln von *Hyacinthus* (Verh. des preufs. Gartenbau-Vereins 1850, 10). An einer Wurzel, welche sich von

Wenn der keimende Samen eine solche Lage hat, dafs das Wurzelende nicht nach unten gerichtet ist, so erfolgt theils durch das Streben des in der *radicula* noch nicht von der eigentlichen Wurzel sichtbar gesonderten Stengelchens nach oben, theils durch das Streben des Wurzelendes der *radicula* nach unten, eine Krümmung, und zwar unmittelbar neben dem Samen, weil dieser den einzigen festen Punkt bei dieser Drehung darbietet. Wenn aber der Wurzel, nachdem sie sich bereits zu einer gewissen Länge entwickelt hat, plötzlich eine andere Lage gegeben wird, so erstreckt sich die alsdann erfolgende Krümmung nach unten, je nach dem Grade der Entwickelung zum Theil über die ganze Länge, vorzugsweise aber, oder zuweilen ausschliefslich ist es der Endpunkt der Wurzel, an welchem sich bei der weiteren unter dem Einflufs der veränderten Lage stattfindenden Verlängerung eine Krümmung nach unten bildet. Beruht die erstere Erscheinung auf einer ungleichen Ausdehnung der oberen und unteren Seite eines bereits gebildeten Wurzelstückes, so ist es bei der zweiten Erscheinung die veränderte Richtung, in welcher sich die neu hinzukommenden Theile ansetzen. Anatomisch betrachtet äufsert sich eine solche Krümmung der Wurzel in einer Krümmung der einzelnen Zellen, d. h. in einer ungleichen Ausdehnung der der convexen und concaven Wurzelseite entsprechenden Wände und in einer ungleichen Ausdehnung der diesen beiden Seiten angehörenden Zellen selbst. Auf einem Längsschnitt durch eine unter sehr spitzem Winkel gekrümmte Wurzel des Krefsenkeims fand ich die peripherischen Rindenzellen der convexen Seite ungefähr doppelt so lang als die der concaven (Tab. VI, 9).

Die Wurzel am keimenden Samen zeigt trotz ihres Strebens, in gerader Richtung nach unten zu wachsen, häufig auch bei vollkommener Ruhe, eine Neigung, sich während des Wachsthums fortwährend zu krümmen, woraus denn eine schraubenartige Gestalt hervorgeht. Am häufigsten habe ich diefs bei keimenden Erbsen gesehen; in einem Fall z. B. wuchs die Wurzel von ihrem Austritt aus dem Samen an in mehr als drei engen, sich dicht aufeinander legenden ganz gleichförmigen Windungen zu einem links gewundenen korkzieherartigen Gebilde.

---

1 Zoll auf 3 Zoll verlängerte, blieb das 10''' lange Stück zunächst der Zwiebel unverändert, auch die Wurzelspitze selbst veränderte sich nicht, sondern das Wachsthum fand nur durch Verlängerung des vorletzten 1''' langen Abschnittes statt. Noch genauer sind die Beobachtungen von Ohlert (Linnaea 1837, S. 615), wonach bei *Lupinus*, *Phaseolus*, *Pisum* der eigentliche Vegetationspunkt etwa ½ Linie über der äufsersten Wurzelspitze liegt.

7. Erklärungsversuche.

Unter den Versuchen, das Richtungsverhältnis des Stengels und der Wurzel aus der Schwerkraft und der Organisation der Pflanze abzuleiten, verdienen hauptsächlich zwei, von Knight und Dutrochet, eine Prüfung *).

Dutrochet gründet seine Erklärung **) auf die Annahme, dafs im Rindenparenchym gewöhnlich die Gröfse der Zellen von aufsen nach innen, im centralen System dagegen von innen nach aufsen abnehme, — dafs ferner in dem Stengel das centrale System, in der Rinde das Rindengewebe den vorherrschenden Bestandtheil bilde, — dafs mithin im Stengel im Allgemeinen die Zellen von innen nach aufsen, in der Wurzel dagegen von aufsen nach innen fortschreitend kleiner werden. Im Zustand der Turgescenz sollen sich nun die gröfseren Zellen stärker ausdehnen als die kleineren, und es mufs daher ein Bestreben des ganzen Gewebes stattfinden sich so zu krümmen, dafs die grofsen Zellen nach der convexen, die kleineren nach der concaven Seite hin liegen. In dem unversehrten Stengel und Wurzel halten sich bei gleichen Einflüfsen von allen Seiten die verschiedenen Theile im Gleichgewicht; dafs aber das Gewebe des Stengels eine Neigung besitzt, sich nach aufsen, das der Wurzel, sich nach innen zu krümmen, geht daraus hervor, dafs eine dünne Platte, welche durch einen radialen Längsschnitt aus dem Stengel von der Mitte bis zur Peripherie herausgenommen ist, in Wafser gelegt sich nach aufsen, eine gleiche Platte aus der Wurzel dagegen sich nach innen krümmt. Eine gleiche Wirkung wird nun für die lebende Axe daraus abgeleitet, dafs die beiden Seiten derselben unter verschiedene Bedingungen gestellt werden. Dutrochet nimmt nämlich an, bei einer horizontalen Lage der Axe finde dadurch, dafs die Zellen der nach unten liegenden Seite mit dem in Folge der Schwere nach unten fliefsenden concentrierteren Saft in Berührung kommen, auf dieser Seite eine geringere Endosmose, mithin eine geringere Turgescens statt als bei

*) Ziemlich vollständige historische und literarische Angaben über diesen ganzen Gegenstand findet man in De Candolle's Pflanzenphysiologie, übers. v. Röper II. S. 552 ff.

**) Zuerst 1828 veröffentlicht in einer Schrift: „*Nouvelles recherches sur l'Endosmose et l'Exosmose etc.*", später, 1833, mit erweiterter Anwendung auf die nach unten wachsenden Stengelorgane wiederholt dargestellt: „*Nouvelles observations sur la direction des tiges et des racines sous l'influence de la pesanteur.*" In *Ann. des sc. nat. XXIX. p.* 413.

den Zellen der oberen Seite; mithin müfse die Richtung der Axe durch dieses nach oben liegende Gewebe bestimmt werden, und da das Gewebe des Stengels, wie oben nachgewiesen, nach aufsen kleinzelliger sei als nach innen, das der Rinde dagegen nach innen kleinzelliger als nach aufsen, so müfse hiernach eine Krümmung des Stengels nach oben, der Wurzel nach unten, oder wenn die Schwerkraft durch die Centrifugalkraft ersetzt wird, eine Krümmung des Stengels nach innen, der Wurzel nach aufsen erfolgen. — In gleicher Weise wird das Abwärtswachsen der jungen Pflanzen von *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium erectum*, *Typha latifolia* aus der von aufsen nach innen abnehmenden Gröfse der Zellen dieser Stengel, — das horizontale Wachsthum vieler unterirdischer Stengel aus einem zwischen Rinde und centralem System bestehenden Gleichgewicht*), sowie aus demselben anatomischen Verhältnis die horizontale Richtung mancher Wurzeln erklärt, während die aufsteigende Richtung mancher Luftwurzeln gewisser *Pothos*-Arten dadurch in Uebereinstimmung mit der Theorie gebracht wird, dafs in dem überwiegenden Rindenkörper derselben ansnahmsweise die Gröfse der Zellen von aufsen nach innen zunehmen soll, — sowie endlich das horizontale Wachsthum der Rhizome von *Nymphaea*, *Iris* u. s. w. sich daraus erkläre, dafs in deren Gewebe keine entschiedene Abnahme der Zellen nach der einen oder anderen Richtung stattfinde.

Richtig und für die dereinstige Erklärung der Richtungsverhältnisse der Pflanzenaxe vielleicht von Wichtigkeit ist an dieser Theorie Dutrochet's die Angabe eines Bestrebens des Stengels sich nach aufsen, der Wurzel, sich nach innen zu krümmen, sobald der anatomische Verband aufgehoben wird. Ich habe diefs an einer jungen, sich eben dem Samen entwindenden Erbsenpflanze bestätigt gefunden. Die von Dutrochet gegebene Erklärung dieser Erscheinung halte ich dagegen für verfehlt, zunächst weil die anatomischen Verhältnisse, welche dabei vorausgesetzt werden, das oben angegebene Verhältnis zwischen Rinden- und centralem System in dem Stengel einer- und der Wurzel andererseits, sowie die bestimmte Richtung von aufsen nach innen, worin die Gröfse der Zellen beider Systeme ab- oder zunehmen soll, in der Wirklichkeit wenigstens nicht in der Bestimmtheit und Allgemeinheit stattfinden, wie es nach der Bestimmtheit und Allgemeinheit des dar-

*) Die beiden anatomischen Systeme der Axen dürfen nach Dutrochet nicht nach ihrer linearen Ausdehnung auf dem Querschnitt, sondern nach dem Cubus ihrer Durchmefser verglichen werden.

aus abgeleiteten Richtungsgesetzes erwartet werden müfste. Für die Erbsen-Keimpflanze wenigstens, an welcher ich die genannte Krümmungserscheinung beobachtet habe, pafst die Annahme Dutrochet's entschieden nicht, indem hier nicht nur der Rindenkörper in dem jungen Stengelchen sowohl als in der Wurzel den überwiegenden Bestandtheil bildet, sondern auch innerhalb der einzelnen Systeme eine Gröfsenverschiedenheit der Zellen wenigstens in der angegebenen Weise nicht existiert (vergl. S. 158). Abgesehen hiervon läfst sich übrigens ein Zusammenhang zwischen der Krümmungsrichtung und diesen anatomischen Verhältnissen nach Dutrochet's Ansicht kaum nachweisen, indem nicht einzusehen ist, warum ein aus gröfseren Zellen zusammengesetztes Gewebe sich in der Turgescens stärker ausdehnen sollte als ein aus kleineren Zellen bestehendes. Endlich ist auch die Folgerung einer gehemmten Endosmose in der unteren Seite des horizontal gedachten Axencylinders aus dem in den Zellen dieser Seite angehäuften concentrierten Nahrungssaft unrichtig, da vielmehr umgekehrt Zellen mit concentriertem Inhalt für endosmotische Aufnahme von Flüfsigkeit um so geeigneter sind. —

Naturgemäfser scheint mir der Weg zu sein, auf welchem, lange vor Dutrochet, Knight*) das entgegengesetzte Verhalten des Stengels und der Wurzel in Beziehung auf die Richtung ihres Wachsthums aus der verschiedenen Organisation der beiden Organe zu erklären versuchte. Seine Erklärung beruht nicht, wie bei Dutrochet, auf angeblichen Verhältnissen des anatomischen Baus, sondern auf einer wirklich vorhandenen allgemein anerkannten Verschiedenheit zwischen der Art und Weise des Wachsens bei dem Stengel einer- und der Wurzel andererseits.

Der Stengel wächst zwar hauptsächlich an der Spitze, doch sind stets auch mehrere bereits gebildete Stengelglieder zu gleicher Zeit in einem nachträglichen Wachsthum begriffen, welches vorzugsweise in einer Ausdehnung der Zellen besteht. Bei einer horizontalen oder schiefen Lage des aus dem Samen hervortretenden Stengelchens wirkt der hierdurch wegen der Schwerkraft sich in dem nach unten liegenden Gewebe anhäufende concentriertere Saft nicht sowohl hemmend auf die Endosmose, sondern, nach Knight's richtiger Vorstellung, vielmehr die Ernährung und das Wachsthum und zwar namentlich die Ausdehnung der Zellen dieser Seite in die Länge befördernd, — wovon dann die natürliche Folge ist, dafs der horizontal liegende Stengel sich nach

*) A. a. O.

oben krümmt bis die verticale Lage, wo die Differenz der beiden Seiten aufgehoben wird, erreicht ist.

Ganz anders verhält sich die Wurzel; denn, wie bekannt, und wie oben (S. 159) durch Beobachtungen genauer nachgewiesen worden ist, beschränkt sich das Wachsthum fast ausschliefslich auf die Neubildung an der Spitze, während die Ausdehnung der gebildeten Zellen nur kurz dauert und daher die Wurzel unweit von der Spitze der Fähigkeit zu wachsen entbehrend gleichsam erstarrt ist. Damit hängt denn auch zusammen, dafs der concentrierte insbesondere an Proteïnstoffen reiche Bildungssaft vorzugsweise in der Nähe der Wurzelspitze angehäuft ist (vergl. oben S. 156, 157), die weiter nach oben liegenden Zellen der Rinde dagegen fast nur gleichförmige und wäfserige Flüfsigkeit enthalten, während sich im Stengel jener Charakter des Zelleninhaltes auf die ganze Länge des noch in der Ausdehnung begriffenen oberen Theils erstreckt. Hieraus ergibt sich denn bereits, dafs eine solche ungleiche Entwickelung der oberen und unteren Seite einer horizontal gedachten Wurzel und in Folge davon eine Krümmung derselben nach oben, wie sie beim Stengel gerade durch dessen Wachsthumsweise bedingt wurde, unmöglich ist. Ein Zusammenhang des dem Zug der Schwere nach unten folgenden Wachsthums der Wurzelspitze mit jener Beschränkung des Vegetationspunktes auf die äufserste nur von der Wurzelmütze bedeckten Spitze läfst sich auf zweierlei Weise denken. Entweder, so ist die Erklärung von Knight, die Schwerkraft wirkt auf die ganze Masse der Wurzelspitze, indem sich dieselbe wegen der jugendlichen, daher noch nicht ganz erstarrten Beschaffenheit des Gewebes gerade an dieser Stelle nach unten senkt. Hiermit stimmt denn auch die oben erwähnte Wahrnehmung überein, dafs wo durch eine veränderte Lage des Keimlings eine Richtungsveränderung der Wurzel hervorgerufen wird, dieselbe nicht sowohl, wie beim Stengelchen, in einem grofsen Bogen als vielmehr in einer kurzen und plötzlichen Biegung an der Spitze erfolgt, wobei jedoch wegen der nur allmählich nach oben zunehmenden Starrheit der Wurzel eine sanfte Krümmung dersel-

---

*) Röper's (in De Candolle's Pflanzenphysiologie, Uebers. II. S. 564 Anm.) und Mohl's (Vegetabilische Zelle, S. 138) Einwendungen gegen obige Erklärung halte ich nicht für erheblich. Ein Stamm kann recht wohl nach einer Seite überwiegend in die Dicke wachsen (durch Vermehrung der Holzzellen), ohne dafs damit eine gröfsere Längenausdehnung der Zellen verbunden sein müfste; und wenn gewisse Axen horizontal, andere (z. B. Hängeesche) abwärts wachsen, so können hier besondere Umstände walten, durch welche jener Einflufs, wodurch das Stengelchen der meisten keimenden Pflanzen sich emporrichtet, paralysiert wird.

ben ihrer ganzen Länge nach, wie wir sie zuweilen beobachten, nicht ausgeschlofsen ist. Auch der oben beschriebene anatomische Bau der Wurzel an der Krümmungsstelle entspricht ganz dem hier hypothetisch angenommenen Vorgang einer Biegung des halbweichen Gewebes durch das Gewicht des Wurzelendes, indem die von der concaven Seite nach der convexen hin zunehmende Länge der mit der Axe parallelen Zellenwände auf eine Dehnung der oberen Seite schliefsen läfst. — Eine Schwierigkeit für obige Erklärung liegt allerdings darin, dafs das Wurzelende sich beim Drücken oder Schneiden ziemlich fest und nicht so biegsam zeigt, als für eine Umbiegung bei so geringem Gewicht vorausgesetzt werden mufs, und insbesondere ist nicht leicht einzusehen, wie ein Körper von solcher Weichheit, dafs er durch sein eigenes geringes Gewicht seine Gestalt verändern soll, beim Eindringen in den festen Erdboden oder in Quecksilber Widerstand leisten kann. Indes darf man dabei nicht vergefsen, dafs die vegetierende Spitze mit einer älteren und festeren Schicht umkleidet ist, und jedenfalls ist jene Schwierigkeit gering gegenüber derjenigen, welche sich der Erklärung des Eindringens von Würzelchen eines frei schwimmenden Samens in das schwere Quecksilber entgegenstellt.

Vielleicht verdient indes eine andere Hypothese den Vorzug vor der eben besprochenen. Man wird überhaupt in der Aufklärung der fraglichen Erscheinung am besten mit der Betrachtung einer Wurzel von möglichst einfachem Bau anfagen. Einen solchen bieten die einzelligen haarförmigen Wurzeln am Vorkeim der Farne dar, welche, wie wir oben (S. 39 u. 40) hervorgehoben haben, dasselbe Streben, senkrecht nach unten zu wachsen, wie die Haupt- und Nebenwurzeln der Phanerogamen besitzen. Auch hier findet das Wachsthum, d. h. die Erweiterung der einfachen Membran nur an der Spitze statt; auch hier häuft sich der concentrierte stickstoffhaltige, trübe, körnig-schleimige Bildungssaft in dem äufsersten Ende der Zellenhöhle an, während der übrige Raum mit einer wafserhellen dünneren Flüfsigkeit erfüllt ist. Für Dutrochet's Endosmose-Theorie ist hier, weil dieselbe wesentlich eine aus ungleichen Zellen zusammengesetzte Structur voraussetzt, natürlich kein Raum, wohl aber für die Erklärungsweise Knight's. Man könnte sich aber die Schwerkraft anstatt unmittelbar auf die Membran, auch zunächst auf den Zelleninhalt wirkend vorstellen. Denkt man sich nämlich ein solches Wurzelhaar in horizontaler Lage, so mufs das in der Spitze angehäufte Protoblasma vermöge seiner gröfseren Schwere mit dem unteren Theil der Zellenwand in innigere Berührung kommen als mit dem oberen, und da in dieser Substanz

die Hauptbedingung für Assimilation und Neubildung liegt, so wird die Zellenmembran gerade an jener Stelle in höherem Grade ernährt und ausgedehnt werden als an anderen Stellen; es wird eine sackartige Erweiterung der Zelle nach unten und damit der Anfang zu einer Krümmung entstehen. Obgleich ich keine directen Beobachtungen beibringen kann, so ist doch in der Organisation der zusammengesetzten Wurzel bei den Phanerogamen Nichts, was eine Ausdehnung dieser Erklärung auch auf diese widerspräche. Es würde hiernach die Richtungsveränderung der Wurzel nicht sowohl eine mechanische Wirkung der Schwerkraft, sondern, wie die des Stengels, eine von der Schwerkraft ausgehende Wirkung auf die Ernährung und das Wachsthum sein, damit aber zugleich auch die fast unüberwindliche Intensität in der Verfolgung der senkrechten Richtung erklärlich werden, und es mag deshalb diese Erklärung einstweilen neben der von Knight gegebenen stehen, und die Entscheidung für die eine oder die andere sowie überhaupt die mancherlei Schwierigkeiten, welche die besprochenen Erscheinungen noch darbieten, einer näheren Prüfung der Physiologen empfohlen sein.

Erklärung der Abbildungen.

Tab. VI.

1. Gefäfs mit Quecksilber, auf dessen Oberfläche Krefsesamen keimen (S. 137). — 2. Seitenansicht eines horizontal um seine Axe (*c*) rotierenden Keimbodens mit in verschiedenen Entfernungen vom Mittelpunkt liegenden keimenden Samen und dem damit zusammenhängenden nach aufsen abnehmenden Neigungswinkel der Würzelchen (S. 149). — 3. Zu S. 150 Anmerkung. — 4. Längsschnitt von der Spitze der *radicula* des Oelsamens. — 5. Keimende nach unten gekrümmte Wurzel vom Oelsamen auf dem Längsschnitt; bei *co* der Wurzelhals. — 6. Die Spitze derselben stärker vergröfsert. *a* und *b* Rinde, *c* Cambialstrang, *d* Wurzelhaube. — 7. Querschnitt durch dasselbe Würzelchen, stärker vergröfsert. — 8. Längsschnitt durch die Spitze einer keimenden Wurzel von *Lepidium sativum*, $\frac{1}{3}'''$ dick. — 9. Längsschnitt durch die Krümmungsstelle einer solchen Wurzel. — 10. Längsschnitt durch die Spitze einer keimenden Wurzel von *Pisum sativum* ($\frac{2}{3}'''$ dick). — 11. Wurzelspitze von *Triticum vulgare*. 12. Dieselbe im Längsschnitt, stärker vergröfsert ($\frac{1}{5}'''$ dick).

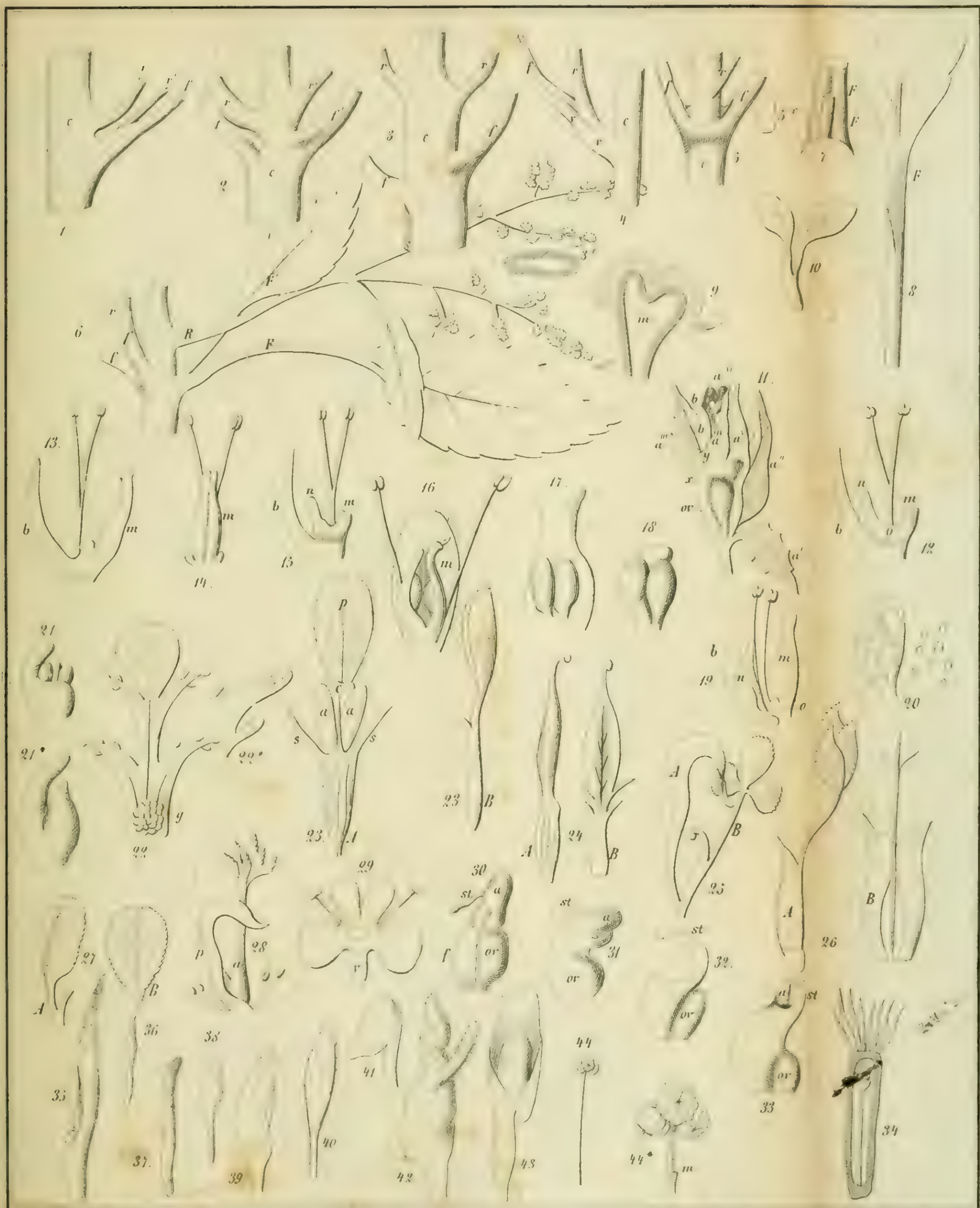
Berichtigungen und Zusätze.

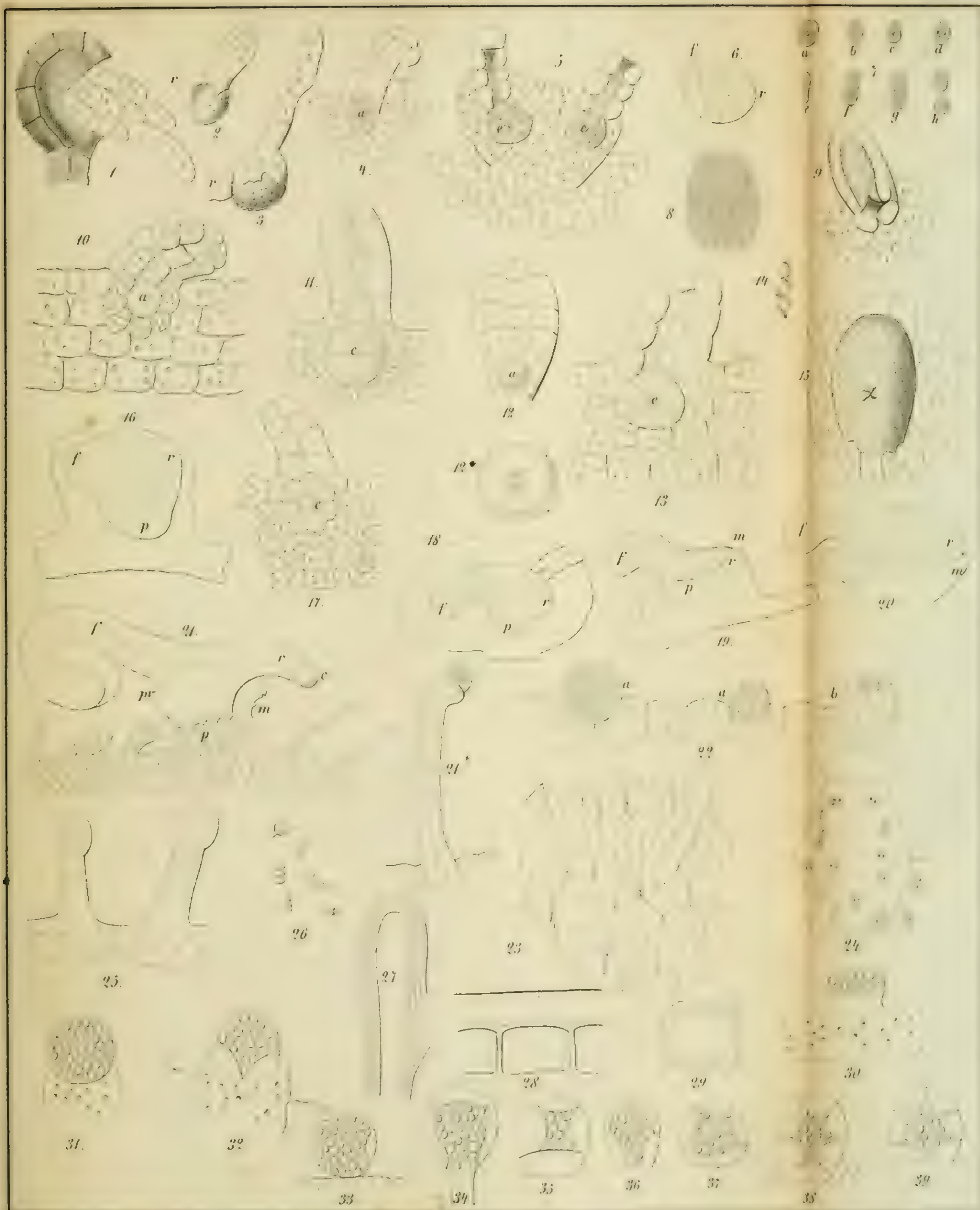
Seite	5	Zeile	4	von	u.	Eine Erscheinung, welche auch hier und da, z. B. *Scopolia hyoscyamoides*, *Datura Stramonium* normal vorkommt.
»	7	»	14	»	o.	füge hinzu: *Crepis virens.*
»	10	»	1	»	o.	lies Kelchspelzen statt Kelchspitzen.
»	15	»	19	»	o.	Jeder sich etwa an derartige Modificationen des *pappus* anknüpfende Gedanke an eine Kelchbedeutung des *pappus* wird durch die Entwickelungsgeschichte beseitigt. Vergl. Buchenau, über die Blüthenentwickelung einiger *Dipsaceen*, *Valerianeen* und *Compositen* in den Schriften der Senkenberg. Gesellschaft zu Frankfurt 1854, p. 106.
»	27	»	13	»	o.	Payer dagegen gibt an (*Comptes rendus* 1854, p. 500), dafs in der Entwickelung der Blüthe von *Caylusea* (*Resedaceae*) in der Achsel je eines Carpells eine Placenta als Axillarknospe auftrete.
»	61	»	12	»	u.	Auch für die mir erst nach beendigtem Druck dieser Schrift zu Gesicht gekommenen neuesten Mittheilungen Hofmeister's (Flora 1854, Nro. 17) über das Eindringen der Spiralfäden in das Archegonium und sogar in die centrale Zelle behalten die oben ausgesprochenen Einwürfe ihre Giltigkeit. Obgleich die Richtigkeit der Beobachtung selbst nicht bezweifelt werden darf, so ist der Erfolg derselben doch immer wieder an eine künstliche Ueberschwemmung, nicht nur auf dem Objectträger sondern auch vor der Untersuchung gebunden.
»	69	»	1	»	o.	vor drei Jahren. Diese sowie die beiden vorhergehenden Abhandlungen wurde bereits im Laufe des vorigen Jahres niedergeschrieben, ihre Veröffentlichung mit den beiden folgenden aber durch mancherlei Umstände bis jetzt aufgehalten, was hier nachträglich bemerkt werden mag, um es zu erklären, wenn vielleicht diese oder jene neuere Erscheinung nicht vollständig berücksichtigt worden ist.
»	79	»	13	»	u.	lies ist statt beruht.

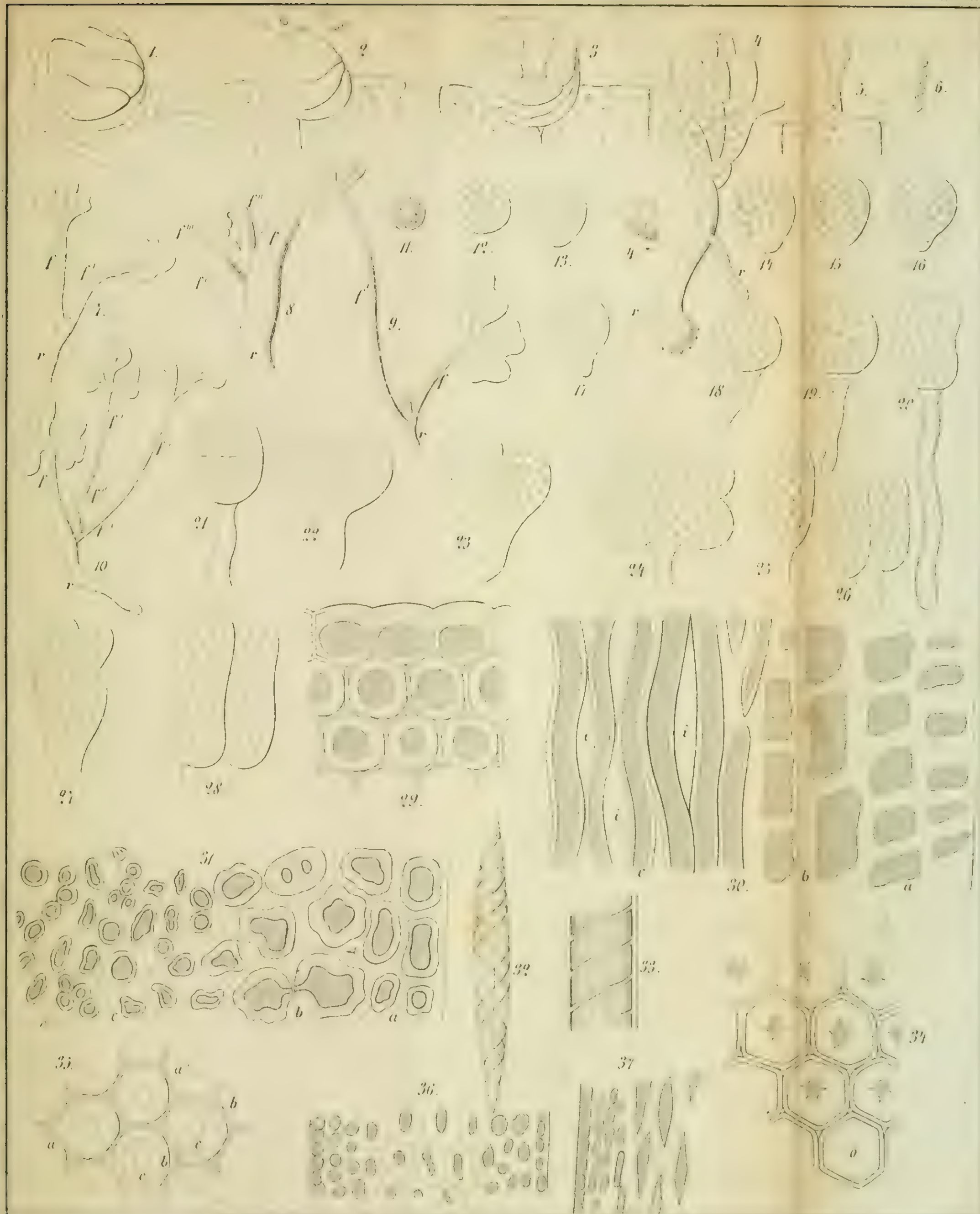
Seite 105 Zeile 6 von u. In Uebereinstimmung mit den obigen Angaben und im Widerspruch mit den verschiedenen entgegengesetzten Ansichten der Botaniker über den Bau des weib-Mais-Aehrchens erklärt auch de Moor (cf. *L'Institut* 1854, *p.* 85) dasselbe für zweiblüthig, aus einer fertilen und einer sterilen Blüthe, wobei sich derselbe besonders auf seiner Beobachtung an monströsen Zwitterbildungen an dem Blüthenstand von *Zea Maïs* stützt. Abweichend von mir hält de Moor die fertile Blüthe für die obere, die sterile für die untere.

» 147 » 8 » o. l. entgegengesetzt statt entgegengesetzten.

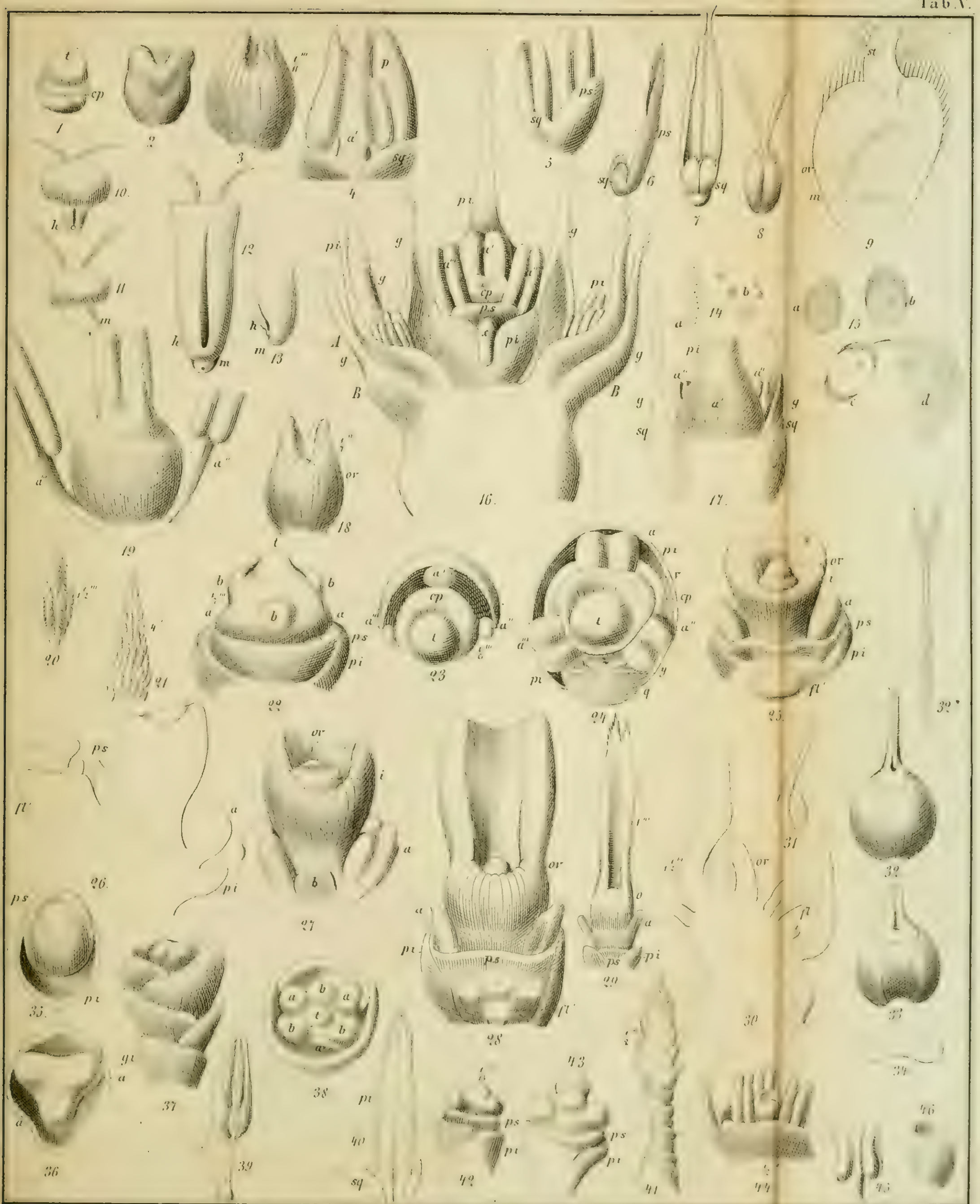
Tab. I.



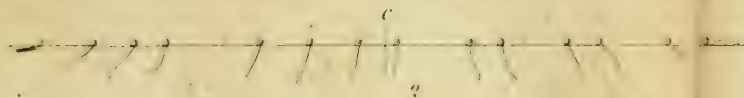
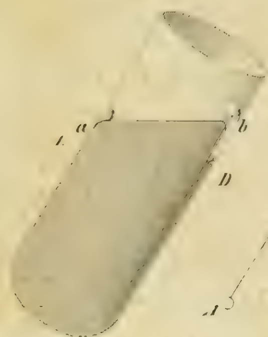
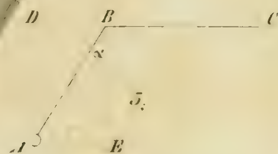


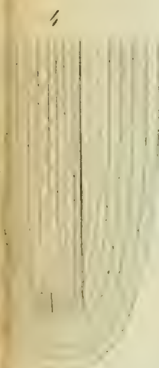
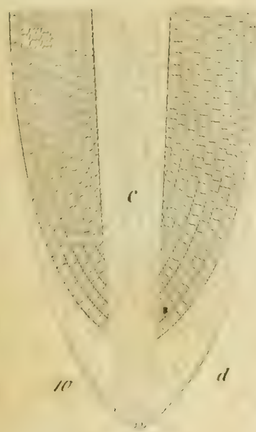
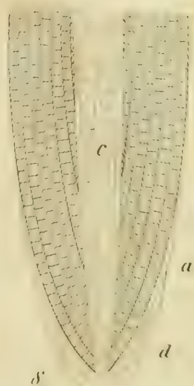
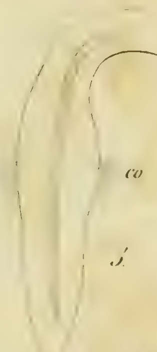
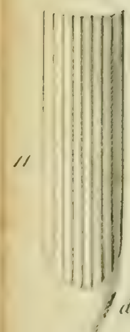


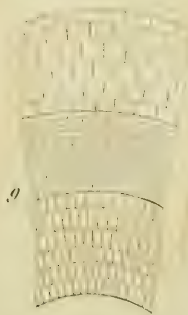


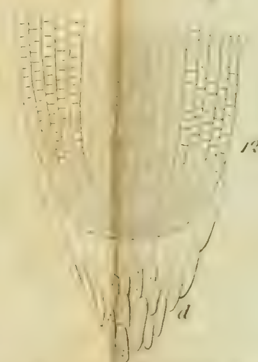


Tab.VI.





Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie.

Von

JUSTUS LIEBIG.

Sechste Auflage.

gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 12 Ggr.

Die Thier-Chemie

oder

die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie.

Von

JUSTUS LIEBIG.

Dritte umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage.

gr. 8. Fein Velinpap. geh. Erste Abtheilung. Preis 1 Thlr. 8 Ggr.

Ueber die

Bastarderzeugung im Pflanzenreiche.

Eine gekrönte Preisschrift.

Von

Prof. Dr. A. F. WIEGMANN.

Mit illum. Kupfern. gr. 4°. Fein Velinpap. geh. Prei[illegible]

Die

Krankheiten und krankhaften Miss[illegible]ngen der Gewächse,

mit Angabe der Ursachen und der Heilung und Verhütung derselben.

Ein Handbuch für Landwirthe, Gärtner, Gartenliebhaber und Forstmänner.

Von

Prof. Dr. A. F. WIEGMANN.

Mit 1 Kupfertafel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Prei[illegible] Thlr.

Ueber die

anorganischen Bestandtheile der Pflanzen,

oder

Beantwortung der Frage: Sind die anorganischen Elemente, welche sich in der Asche der Pflanzen finden, so wesentliche Bestandtheile des vegetabilischen Organismus, dass dieser sie zu seiner völligen Ausbildung bedarf, und werden sie den Gewächsen von aussen dargeboten?

Von

Dr. A. F. WIEGMANN und **C. POLSTORFF.**

Eine in Göttingen im Jahre 1842 gekrönte Preisschrift, nebst einem Anhange über die fragliche Assimilation des Humusextractes.

gr. 8°. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Ggr.

